

Diplomarbeit
zur Erlangung des akademischen Grades
"Magister der Naturwissenschaften"
(Magister rerum naturalium)

**HERSTELLUNG UND CHARAKTERISIERUNG VON
FERMENTIERTEN GETRÄNKEN AUS KÖRNERAMARANTH**

eingereicht von
Karlo Pavlovic

durchgeführt am Institut für Allgemeine Lebensmitteltechnologie
der Universität für Bodenkultur, Wien

betreut von Univ. Prof. Dr. Emmerich Berghofer

Wien, im September 2002

I Inhaltsverzeichnis

I	INHALTSVERZEICHNIS	I
II	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	III
III	TABELLENVERZEICHNIS	IV
IV	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	VI
1	EINLEITUNG	1
2	MILCHSAUER VERGORENE GETRÄNKE AUS PFLANZLICHEN ROHSTOFFEN	2
2.1	ALLGEMEINES	2
2.2	PRODUKTE AUS NICHT-STÄRKEREICHEN ROHSTOFFEN	3
2.3	PRODUKTE AUS STÄRKEREICHEN ROHSTOFFEN	6
2.4	JOGHURT-ARTIGE PRODUKTE	14
3	AUFGABENSTELLUNG	20
4	MATERIAL UND METHODEN	21
4.1	ROHSTOFFE	21
4.2	ENZYMPRÄPARATE	22
4.3	STARTERKULTUREN	22
4.4	ZUSÄTZE FÜR AMARANTHMISCHGETRÄNKE	23
4.5	ANALYTISCHE METHODEN	23
4.6	SENSORISCHE METHODEN	36
4.7	STATISTISCHE METHODEN	37
4.8	HERSTELLUNGSVERFAHREN	38
5	VERSUCHSDURCHFÜHRUNG	45
5.1	VORVERSUCHE	45
5.2	ZWISCHENVERSUCHE	49
5.3	HAUPTVERSUCHE	52

6	VERSUCHSERGEBNISSE UND DISKUSSION	56
6.1	VORVERSUCHE.....	56
6.2	ZWISCHENVERSUCHE	58
6.3	HAUPTVERSUCHE.....	63
7	SCHLUSSBETRACHTUNG	71
8	ZUSAMMENFASSUNG	74
9	ABSTRACT.....	75
10	TABELLEN.....	76
11	ABBILDUNGEN.....	92
12	LITERATUR	103

II Abkürzungsverzeichnis

VT10%amg.....	Vorversuche / Getoastet / 10%TS / Amyloglucosidase
VT20%amg.....	Vorversuche / Getoastet / 20%TS / Amyloglucosidase
VT25%amg.....	Vorversuche / Getoastet / 25%TS / Amyloglucosidase
VP10%amg.....	Vorversuche / Gepoppt / 10%TS / Amyloglucosidase
ZR20%malz.....	Zwischenversuche / Roh / 20%TS / Malz
ZR20%amg.....	Zwischenversuche / Roh / 20%TS / Amyloglucosidase
ZP15%malz.....	Zwischenversuche / Gepoppt / 15%TS / Malz
ZP15%amg.....	Zwischenversuche / Gepoppt / 15%TS / Amyloglucosidase
ZP20%malz.....	Zwischenversuche / Gepoppt / 20%TS / Malz
ZP20%amg.....	Zwischenversuche / Gepoppt / 20%TS / Amyloglucosidase
ZP25%malz.....	Zwischenversuche / Gepoppt / 25%TS / Malz
ZP25%amg.....	Zwischenversuche / Gepoppt / 25%TS / Amyloglucosidase
ZT15%malz.....	Zwischenversuche / Getoastet / 15%TS / Malz
ZT15%amg.....	Zwischenversuche / Getoastet / 15%TS / Amyloglucosidase
ZT20%malz.....	Zwischenversuche / Getoastet / 20%TS / Malz
ZT20%amg.....	Zwischenversuche / Getoastet / 20%TS / Amyloglucosidase
ZT25%malz.....	Zwischenversuche / Getoastet / 25%TS / Malz
ZT25%amg.....	Zwischenversuche / Getoastet / 25%TS / Amyloglucosidase
Hamg.....	Hauptversuche / Amyloglucosidase / unfermentiert
Hmalz.....	Hauptversuche / Malz / unfermentiert
Hamg4,5.....	Hauptversuche / Amyloglucosidase / pH 4,5
Hamg4,1.....	Hauptversuche / Amyloglucosidase / pH 4,1
Hamg3,9.....	Hauptversuche / Amyloglucosidase / pH 3,9
Hmalz4,5.....	Hauptversuche / Malz / pH 4,5
Hmalz4,1.....	Hauptversuche / Malz / pH 4,1
Hmalz3,9.....	Hauptversuche / Malz / pH 3,9

III Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Verwendete Kulturen und Impfstärken
bei Versuch VT20%amg und VP10%amg 76

Tab. 2: Fermentationsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch VP10%amg 76

Tab. 3: Fermentationsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch VT20%amg 76

Tab. 4: Verwendete Kulturen und Impfstärken
bei Versuch VT10%amg und VT25%amg 77

Tab. 5: Fermentationsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch VT10%amg 77

Tab. 6: Fermentationsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch VT25%amg 77

Tab. 7: Temperatur-/pH-Verlauf bei Versuch ZR20%amg und ZR20%malz 78

Tab. 8: Temperatur-/pH-Verlauf bei Versuch ZT15%amg und ZP15%malz..... 79

Tab. 9: Temperatur-/pH-Verlauf bei Versuch ZT20%amg und ZT20%malz..... 80

Tab. 10: Temperatur-/pH-Verlauf bei Versuch ZT25%amg und ZT25%malz..... 81

Tab. 11: Temperatur-/pH-Verlauf bei Versuch ZP15%amg und ZP15%malz 82

Tab. 12: Temperatur-/pH-Verlauf bei Versuch ZP20%amg und ZP20%malz 83

Tab. 13: Temperatur-/pH-Verlauf bei Versuch ZP25%amg und ZP25%malz 84

Tab. 14: Maltose-/Saccharose-/Glucosegehalt der unfermentierten
und fermentierten Amaranthgetränke (Zwischenversuche)..... 85

Tab. 15: Einstellungen des Sprühtrockners und Trockensubstanzen
der Pulver (Zwischenversuche)..... 85

Tab. 16: Viskositätsvergleich vor/nach der Fermentation (Zwischenversuche) 86

Tab. 17: Temperatur- und pH-Verlauf bei den Fermentationen
Hamg3,9 und Hmalz3,9 mit der Kultur ABT 21 (Hauptversuche)..... 87

Tab. 18: Zutaten und Bewertungen der Amaranthmischgetränke
bei der internen Sensorik (Hauptversuche)..... 87

Tab. 19: Absolute Viskosität, Trockensubstanz und Farbe
der Getränke der Hauptversuche..... 88

Tab. 20: Sedimentation, pH-Wert, Säuregrad und Milchsäuregehalt
der Getränke der Hauptversuche..... 88

Tab. 21: Mann-Whitney Test mit Hmalz4,5 und Hamg4,5 (Hauptversuche)..... 89

Tab. 22: Kruskal-Wallis Test Mandel, Banane und Kakao (Hauptversuche)..... 90

Tab. 23: Mann-Whitney Test Mandel und Banane (Hauptversuche).....	90
Tab. 24: Mann-Whitney Test Mandel und Kakao (Hauptversuche).....	91
Tab. 25: Mann-Whitney Test Banane und Kakao (Hauptversuche).....	91

IV Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Herstellung von fermentiertem Amaranthgetränk (Flussdiagramm).....	92
Abb. 2:	Geräteanordnung bei der Fermentation in den Zwischenversuchen.....	93
Abb. 3:	Geräteanordnung bei der Fermentation in den Hauptversuchen.....	93
Abb. 4:	Mischer bei der Fermentation in den Hauptversuchen.....	93
Abb. 5:	Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZR20%malz.....	94
Abb. 6:	Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZR20%amg.....	94
Abb. 7:	Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZT15%malz.....	94
Abb. 8:	Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZT15%amg.....	95
Abb. 9:	Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZT20%malz.....	95
Abb. 10:	Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZT20%amg.....	95
Abb. 11:	Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZT25%malz.....	96
Abb. 12:	Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZT25%amg.....	96
Abb. 13:	Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZP15%malz.....	96
Abb. 14:	Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZP15%amg.....	97
Abb. 15:	Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZP20%malz.....	97
Abb. 16:	Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZP20%amg.....	97
Abb. 17:	Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZP25%malz.....	98
Abb. 18:	Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZP25%amg.....	98
Abb. 19:	Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch Hmalz3,9 und Hamg3,9.....	98
Abb. 20:	Faksimile des Sensoriktestblattes für fermentiertes Amaranthgetränk ohne Zuätze.....	99
Abb. 21:	Faksimile des Sensoriktestblattes für fermentiertes Amaranthgetränk mit Zuätzen.....	100
Abb. 22:	Sensorikproben mit Nummerierung sowie Testblätter.....	101
Abb. 23:	Merkmalsmittelwerte des Sensoriktests für Amaranthgetränke ohne Zusätze im Netzdiagramm.....	101
Abb. 24:	Merkmalsmittelwerte des Sensoriktests für Amaranthgetränke mit Zusätzen im Netzdiagramm.....	101
Abb. 25:	Box-and-Whiskerplots der Merkmale des Sensoriktests für Amaranthgetränke ohne Zusätze.....	102

Abb. 26: Box-and-Whiskerplots der Merkmale des Sensoriktests
für Amaranthgetränke mit Zusätzen..... 102

1 *Einleitung*

In den letzten Jahren wurde Pseudocerealien und alternativen Getreidearten vermehrtes Interesse sowohl von landwirtschaftlicher Seite als auch bezüglich ihrer Verarbeitung geschenkt. Die Gründe dafür sind im Bestreben zu sehen, das für die menschliche Ernährung verwendete Spektrum an stärkereichen Samen wieder zu verbreitern. Weltweit gesehen schränkt sich dieses Spektrum nämlich immer mehr auf die drei Hauptgetreidearten Weizen, Reis und Mais ein.

Vor allem Pseudocerealien sind aufgrund ihrer hervorragenden ernährungsphysiologischen Eigenschaften besonders geeignet, konventionelle Getreidearten zu ergänzen. Diese Gruppe stärkereicher Samen zählt nicht zu den Gräsern, wie die Getreidearten, sondern ihre Vertreter gehören verschiedenen Pflanzenfamilien an. Gemeinsam ist ihnen, daß sie zu den zweikeimblättrigen Pflanzen zählen und die Stärke nicht im Endosperm sondern im Perisperm gespeichert wird. Weltweit gesehen sind nur drei Pseudocerealien – nämlich Amaranth, Buchweizen und Quinoa – von Bedeutung.

Im Rahmen einer vorangegangenen Diplomarbeit wurden bereits Getränke aus Amaranth erzeugt. Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung von Möglichkeiten zur Herstellung von fermentierten Getränken aus Amaranth bzw. Amaranthmehlen. Es sollen mit dem entwickelten Verfahren Getränke unterschiedlicher Konsistenz erzeugt und diese mit Milchsäurebakterien, wenn möglich mit probiotischen Milchsäurebakterien, fermentiert werden. Die Konsistenz der erzeugten Produkte sollte dabei von flüssig (trinkbar) bis viskos (löffelbar) variiert werden. Solche Lebensmittel wären eine interessante Alternative zu fermentierten Milchprodukten, die auch speziell für Laktose-Intolerante und Veganer geeignet wären.

2 *Milchsauer vergorene Getränke aus pflanzlichen Rohstoffen*

2.1 *Allgemeines*

Fermentierte Lebensmittel stellen eine sehr heterogene Gruppe von Lebensmitteln dar. Diese Heterogenität ist bedingt durch verschiedene Faktoren, u. a. unterschiedliche Rohstoffe, unterschiedliche Herstellungsart, unterschiedliche chemische und physikalische Zusammensetzung und unterschiedliche Konsumationsform. Eine Einteilung ist deshalb sehr schwierig und kann je nach den angewendeten Kriterien sehr unterschiedlich ausfallen (BERGHOFER, 1987; LEE, 1997; ODUNFA, 1985; STEINKRAUS, 1983). Dasselbe gilt auch für milchsauer vergorene Getränke aus pflanzlichen Rohstoffen. Im Rahmen dieser Literaturübersicht werden nur Lebensmittel erwähnt, bei denen folgende Kriterien zutreffen:

- Rohstoffe sind pflanzlichen Ursprungs
- Milchsäuregärung ist ein wesentlicher Verfahrensschritt
- Milchsäure ist ein wesentlicher Bestandteil im Endprodukt
- Verwendung als Getränk

Für diesen Spezialfall konnte in der Literatur keine Einteilung gefunden werden. Der Autor verwendet in der vorliegenden Literaturstudie eine Einteilung in folgende Hauptgruppen, in welchen die einzelnen Lebensmittel taxativ aufgezählt und beschrieben werden:

- Nicht stärkereiche Rohstoffe als Ausgangsmaterial
- Stärkereiche Rohstoffe als Ausgangsmaterial
- Joghurt-artige Produkte

Die Trennung der ersten beiden Gruppen scheint einleuchtend. Die dritte Gruppe unterscheidet sich von den ersten beiden in zwei wesentlichen Punkten: Sie stellen keine traditionellen Lebensmittel dar und sie werden hauptsächlich mit dem Ziel hergestellt, als Ersatz für herkömmliche Erzeugnisse aus gesäuerter Milch zu dienen.

2.2 Produkte aus nicht-stärkereichen Rohstoffen

2.2.1 Sauerkrautsaft

2.2.1.1 Beschreibung

Sauerkrautsaft ist die bei der Sauerkrautherstellung und nach Abtrennung der festen Krautbestandteile anfallende Flüssigkeit (REGITZ und FALBE, 1999). Fallweise wird aber auch der vor der Fermentation entstehende Saft separat vergoren (MAYER et al., 1973). D. h. im ersteren Fall ist das Getränk im Grunde ein Neben- oder sogar Abfallprodukt bei der Sauerkrautproduktion. Allerdings wird es wegen der ihm zugeschriebenen vorteilhaften physiologischen Wirkungen als wertvolles Lebensmittel vermarktet und konsumiert (ANONYMOUS, 2002c; ANONYMOUS, 2002d).

2.2.1.2 Herstellungsprinzip von Sauerkraut(saft)

Ausgereifter, fester Weißkohl (*Brassica oleracea*) wird in dünne Streifen geschnitten, mit 1,8-2,5 %mas Kochsalz vermischt und in Behältern unter Luftabschluss bei 18-24°C vergärt. Entweder werden Starterkulturen zugesetzt (sog. „gelenkte Milchsäuregärung“) oder es erfolgt eine Spontangärung. Schon in den ersten 48 h fällt der pH-Wert auf bis zu 3,7 ab. Hauptverantwortlich für die Bildung der Gärprodukte sind in der ersten Phase heterofermentative (v.a. *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus brevis*), im weiteren Verlauf auch homofermentative Organismen (z.B. *Lactobacillus plantarum* und *Pediococcus cerevisiae*) (BELITZ et al., 2001). Gärungssubstrat ist Zucker, der in Weißkohl zu 3,1-4,4 % vorliegt (REGITZ und FALBE, 1999). Die anfallende Krautlake stellt den Sauerkrautsaft dar und wird auf verschiedene Weise vermarktet, hauptsächlich jedoch pasteurisiert und in Flaschen abgefüllt (KARDOS, 1975; MAYER et al., 1973). Zur Herstellung von vergorenem Sauerkrautsaft allein (ohne feste Krautbestandteile) konnte keine Literatur gefunden werden.

2.2.1.3 Charakteristische und wertbestimmende Bestandteile

Laut REGITZ und FALBE (1999) enthält der Sauerkrautsaft alle Bestandteile des Sauerkrauts. Dies stimmt wahrscheinlich für die wasserlöslichen Bestandteile, nicht jedoch z. B. für die im festen Sauerkraut vorkommenden Ballaststoffe. Allerdings sind die interessanten und wertbestimmenden Bestandteile wasserlöslich und daher auch in der Lake enthalten: Etwa 80 % der titrierbaren Säure ist Milchsäure (D/L-Racemat), der

Rest hauptsächlich Essigsäure (BELITZ et al., 2001; REGITZ und FALBE, 1999). Der Gehalt liegt im Bereich von 0,7-1,9 g/100 ml (berechnet als Milchsäure) (MAYER et al., 1973). Der Kochsalzgehalt liegt je nach Salzzusatz vor der Gärung zwischen 0,8 und 3,3 %, der Alkoholgehalt zwischen 0,2 und 0,8 % (gilt für abgetropftes Sauerkraut) (BELITZ et al., 2001). MAYER et al. (1973) geben den Gehalt an freien Aminosäuren mit 2,8-3,7 g/l an.

2.2.1.4 Bedeutung in der menschlichen Ernährung

Wie bereits erwähnt ist das Sauerkraut ohne Lake das weitaus wichtigere und häufiger konsumierte Lebensmittel. Allerdings ist nicht auszuschliessen, daß Sauerkraut konsumierende Menschen auch die Salzlake geniessen, statt sie wegzuschütten. Der Autor der vorliegenden Arbeit beispielsweise zählt dazu. Vermarktet wird Sauerkrautsaft meistens als quasi-diätetisches Lebensmittel (Stichwort „functional food“). Genau definierte Wirkungen und Wirkmechanismen sowie klinische Untermauerung der postulierten „health claims“ durch klinische Studien konnten bei der Literaturstudie nicht gefunden werden (ANONYMOUS, 2002c). Aus sprachlichen Gründen leider nur in der englischen Zusammenfassung studierte russische Literatur berichtet von genaueren Untersuchungen von Sauerkrautsaft (AFANAS'EVA et al., 1992) und der Verwendung von Sauerkrautsaft in „soft drinks“ (KALININA et al., 1996).

2.2.2 „Teepilz“-Produkte

2.2.2.1 Beschreibung und Herkunft

Gesüßter Schwarztee wird unter aeroben Bedingungen unter Einwirkung von symbiotisch lebenden Bakterien und Hefen fermentiert (keine Spontanfermentation). Vermutlich ist Rußland die Heimat dieses Getränkes, welches traditionsgemäß vor allem in Rußland, Japan, Polen, Bulgarien, Deutschland, Indonesien und in der Mandschurei als Erfrischungsgetränk getrunken wird. In den letzten Jahren wurden Teepilzprodukte auch in westlichen Ländern relativ populär (in Österreich das Produkt „Kombucha“) (BLANC, 1996). Es existieren viele Bezeichnungen, die wahrscheinlich nur z. T. als Synonyme zu verstehen sind: *japanischer, indischer, chinesischer oder indonesischer Teepilz, russische Qualle, Wolgameduse, Teeschwamm, Wunderpilz, hongo, cajnij, fungus japonicus* oder *Teekwaß*. Die Bezeichnung *Kombucha* wird u. a.

auch bei uns verwendet. Laut REGITZ und FALBE (1999) ist diese Bezeichnung zulässig, laut REISS (1987) ist sie falsch und bedeutet einen japanischen Tee aus Meeresalgen (REISS, 1987; STEINKRAUS, 1983).

2.2.2.2 Herstellung

Gesüßter Schwarztee wird auf Zimmertemperatur gekühlt und mit Teepilzkultur inokuliert. Die Fermentation erfolgt bei ca. 23-27 °C und je nach gewünschtem Endprodukt bis zu 14 Tage. Die aufschwimmende Bakterien-Hefekultur wächst mit fortschreitender Dauer und wird vor dem Konsum der Flüssigkeit entfernt bzw. die Kultur wird im Gefäß belassen, die fermentierte Flüssigkeit entfernt und mit frischem gesüßtem Schwarztee ersetzt (BLANC, 1996; REGITZ und FALBE, 1999; REISS, 1987). Je nach Region sind unterschiedliche Teepilzkulturen in Verwendung. Als aktive Hefen wurden *Saccharomyces pombe* und *ludwigii*, sowie *Pichia*-, *Torula*-, *Mycoderma*-, *Candida*- und *Kloeckera*-Arten identifiziert. Sie sind für die Umwandlung von Zucker zu CO₂ und Ethanol verantwortlich. Die beteiligten Bakterien sind *Acetobacter xylinum* und *xylinoides* (Essigsäurebakterien) bzw. *Bacterium gluconicum*. Sie produzieren organische Säuren (Essigsäure, Milchsäure und Gluconsäure) sowie Ethanol. Diese Symbiose erhält außerdem durch die von den Acetobacterbakterien produzierte Cellulose eine homogene gallertartige Struktur (REISS, 1987; STEINKRAUS, 1983).

2.2.2.3 Charakteristische und wertbestimmende Bestandteile

In der Literatur existieren unterschiedlichste Angaben zu den genauen Gehalten der gebildeten Metaboliten. Die entscheidenden Gründe dafür liegen in der Vielfalt der weltweit verwendeten Teepilzkulturen, im unterschiedlichen Zuckergehalt des verwendeten Tees (50-125 g/l) und in der unterschiedlichen Fermentationsdauer (wenige Tage bis zwei Wochen). Interessant wäre also eher der Fermentationsverlauf, d.h. eine zeitrafferartige Bestimmung der gebildeten Metaboliten. REISS (1987) und BLANC (1996) untersuchten diesen Verlauf und beschrieben auch diesen sehr unterschiedlich: Die Gehalte von Milchsäure und Essigsäure stiegen ca. bis zum 10-15 Tag an und blieben dann auf einem bestimmten Niveau (2,9 g/l resp. 0,08 g/l [REISS, 1987]) bzw. fielen wieder ab (max. 0,6 g/l resp. ca. 5 g/l [BLANC, 1996]). Gluconsäure stieg zu Beginn stark an und blieb auf einem bestimmten Niveau (REISS, 1987) bzw. stieg auch nach 20 Tagen noch weiter (BLANC, 1996). Ethanol wurde gebildet, und

zwar bis zu 3,5 g/l (REISS, 1987) bzw. bis zu 1,34 g/l (BLANC, 1996). REISS (1987) zitiert noch andere Untersuchungen älteren Datums, bei denen u. a. Ethanolgehalte bis zu 14,3 g/l nach 10 Tagen Fermentation gemessen worden sind. In einer anderen von REISS (1987) zitierten Untersuchung waren nach einer Woche Teepilzaktivität bis zu 14,6 g/l Essigsäure und bis zu 10,2 g/l Milchsäure enthalten. Aus diesen Daten ist ersichtlich, daß bestimmte Teepilzgetränke durchaus nennenswerte Mengen an Milchsäure enthalten können, sodaß dieser Metabolit unter Umständen als ein wesentlicher Bestandteil bezeichnet werden kann. In jedem Fall sind alle gebildeten Metaboliten in ihrer Gesamtheit (Kohlensäure, organische Säuren, Ethanol, Vitamine) das entscheidende Kriterium für Teepilzgetränke. Spezielle Metaboliten stehen im Mittelpunkt des Interesses, vor allem was die angeblich gesundheitsfördernde Wirkung von Teepilzgetränken betrifft: Vitamine der B-Gruppe und Vitamin C sowie Glucuronsäure (BAUER-PETROVSKA und PETRUSHEVSKA-TOZI, 2000; BLANC, 1996; LONCAR et al., 2000).

2.3 Produkte aus stärkereichen Rohstoffen

2.3.1 Kwaß

2.3.1.1 Beschreibung

Laut REGITZ und FALBE (1999) ist Kwaß ein leicht alkoholisches russisches Nationalgetränk, welches durch Vergärung von mit Wasser vermischtem Mehl, Malz, Brot u. ä. erzeugt wird. Es findet sowohl eine alkoholische als auch eine milchsaure Gärung statt und das Endprodukt enthält 0,5-2 % Ethanol und 0,1-0,5 % Milchsäure (REGITZ und FALBE, 1999). Der Begriff „Kwaß“ (russ. *квас*) bedeutet „Sauergeschmack“ und bezeichnete zeitweise auch andere saure Getränke, die neben den erwähnten Rohstoffen auch Sauerkrautsaft oder Birkensaft enthielten (LÜCK, 1969). Kwaß wird vor allem auf Haushaltsebene produziert und genossen, aber auch in größerem Maßstab hergestellt und öffentlich verkauft, z. B. in Tankwägen (LÜCK, 1969) oder in Automaten ähnlich unseren Kaffeeautomaten (PAVLOVIC, 2002).

2.3.1.2 Herstellung

Als Rohstoffe dienen Weizen-, Roggen-, Gersten- oder Buchweizenmehl und/oder Brot. Aus geschmacklichen und gärungstechnischen Gründen wird oft auch Malz und/oder Zucker zugesetzt. Man übergießt die Zutaten mit der zehnfachen Menge

an heißem Wasser und lässt die Mischung ein bis drei Tage gären. Als Starter dienen alter Kwaß bzw. Reste der vorhergegangenen Produktion oder Sauerteighefe. Zu Beginn des Gärvorganges wird vor allem Alkohol gebildet, im weiteren Verlauf auch Milchsäure. Aromatisierungsmittel (Rosinen, Pfefferminzblätter oder Moosbeeren) können vor oder nach der Gärung zugesetzt werden. Eine neuere Methode sieht ein zweistufiges Verfahren vor: Nach Beimpfen mit Milchsäurebakterien und reiner Milchsäuregärung bei 50 °C wird pasteurisiert, Hefe zugesetzt und die alkoholische Gärung durchgeführt.

MOHR und SCHAEFER (1987) berichten von über 70 bekannten Zubereitungsarten – teilweise bayrische Hausrezepte – und beschreiben die Inhaltsstoffe von Soldatenkwaß, Bayerischem Kwaß und Gastronomie-Kwaß (siehe unten). LÜCK (1969) erwähnt je nach Rezeptur unterschiedliche Kwaß-Arten: Soldatenkwaß, Offizierskwaß, Hospitalkwaß, Schulkwaß für Schulkinder (!), Bauernkwaß, Zitronenkwaß, Pfefferminzkwaß, Fruchtkwaß, Rosinenkwaß, schäumender Kwaß, heller Kwaß und Saurer Kohlkwaß (Sauerkrautsaftzusatz). Auch im Internet finden sich viele Rezepturen (ANONYMOUS, 2002b).

2.3.1.3 Charakterisierende und wertbestimmende Bestandteile

Der Gehalt an organischen Säuren beträgt 0,2 – 0,5 % (Milchsäure) und 0,01 – 0,05 % (Essigsäure) (LÜCK, 1969; MOHR und SCHAEFER, 1987). Bezüglich des Alkoholgehaltes spricht LÜCK (1969) von 0,3-1 %, bei besonderer Gärführung bis zu 2,6 %. Allerdings werde in der Praxis ein Alkoholgehalt weit unter 1 % bevorzugt und deshalb sei Kwaß primär als alkoholfreies Getränk zu betrachten. MOHR und SCHAEFER (1987) andererseits behaupten, daß das enthaltene Ethanol der wertbestimmende Bestandteil sei, und Kwaß in erster Linie als Bier getrunken werde. Sie geben einen Ethanol-Gehalt zwischen 0,7 % (Soldatenkwaß) und 6,6 % an. Der Glucose-Gehalt liegt zwischen 1 und 2 % (LÜCK, 1969) bzw. 0,29 und 1,85 % (MOHR und SCHAEFER, 1987).

2.3.2 Brottrunk

2.3.2.1 Beschreibung und wertbestimmende Bestandteile

BAERWALD (1988) schreibt über die Geschichte von sog. „Brotgetränken“ und erwähnt dabei neben anderen traditionellen Getränken natürlich auch den Kwaß. Er

behandelt nur Getränke, die entweder nur aus Brot oder aus einer Brot/Getreide-Mischung hergestellt werden und unterscheidet dabei nicht zwischen Produkten mit vorwiegend säuerlichem Charakter mit niedrigem und weniger sauren mit höherem Alkoholgehalt.

BENK (1986) beschreibt ein neuartiges und als „Brottrunk“ in Bäckereien vermarktetes Lebensmittel. Die sog. „neuen Getränke aus Brot“ sind charakterisiert durch einen niedrigen Alkoholgehalt ($< 0,5\%$), einen hohen Milchsäuregehalt ($0,6\text{--}1,63\%$) und einen sehr niedrigen Kohlensäure- und Glucosegehalt und sind somit hinreichend von den sog. „alten Getränken aus Brot“ unterscheidbar. Die Verkehrsbezeichnung dieser Getränke ist „milchsaures Getränk aus Brot“ oder „Milchsäure-Gärungsprodukt“. Die Trockensubstanz ($1,2\text{--}7,4\%$) ist niedriger als die des Kwaß (10%) und besteht zu mindestens 50% aus Milchsäure. Im Handel sind „Dülsen-Steinofenbäcker-Trunk“, „Kanne Brottrunk“, „Heirler Molkekwaß“ oder „Kase's Brotgetränk“ erhältlich (MOHR und SCHAEFER, 1987). Die Getränke sind diätetische Lebensmittel. Begründet wird dies durch den hohen L/D-Milchsäure-Quotient, den Enzymgehalt und den Gehalt an säureresistenten Bakterien (probiotisches Lebensmittel) (ANONYMOUS, 2002a; KANNE, 1982; KANNE, 1985; KANNE, 1989; KANNE, 2001; MOHR und SCHAEFER, 1987).

2.3.2.2 Herstellung

Die Herstellung entspricht im Prinzip der des Kwaß, allerdings werden reine Sauerteigkulturen ohne Hefe verwendet, es wird kein Zucker zugesetzt und die Vergärungszeit ist länger (MOHR und SCHAEFER, 1987). Es existiert eine Reihe von patentierten Herstellungsverfahren (DUELSEN und MOHR, 1988; KANNE, 1982; KANNE, 1985; KANNE, 1989; KANNE, 2001).

2.3.3 Uji

2.3.3.1 Beschreibung

Uji ist eine Suspension von Mais-, Sorghum-, Hirse- oder Cassavamehl oder einer Mischung zweier oder mehrerer dieser Mehlsorten in Wasser, die nach einem Fermentations- und Kochprozeß traditionell in Ostafrika (speziell in Kenya) konsumiert wird. Je nach Volksstamm existieren verschiedene Synonyme - Uji kommt aus der

Sprache der Swahili. Die Konsistenz ist flüssig bis breiig (BERGHOFER, 1987; OYEWOLE, 1997; STEINKRAUS, 1983).

2.3.3.2 Herstellung

Die gemahlenen bzw. geschroteten Ausgangsstoffe werden mit Wasser vermischt (30 % Trockensubstanz) und 2-5 Tage bis zu einer Säurekonzentration von bis zu 0,62 % (berechnet als Milchsäure) fermentiert. Der pH-Wert fällt auf bis zu 3,5. Danach wird die Masse mit Wasser verdünnt, gekocht und auf einen Trockenmassegehalt von 4-5 % weiter verdünnt. Die noch warme Flüssigkeit wird mit Zucker gesüßt und warm konsumiert. Es existieren verschiedene Variationen, doch das Grundprinzip ist überall dasselbe. Bei der Fermentation sind anfänglich coliforme Bakterien dominant, werden aber durch Lactobazillen und der von ihnen produzierten Säure verdrängt. Die beteiligten Arten sind u.a. *Lactobacillum plantarum*, *L. cellobiosus*, *L. buchneri*, *L. fermentum* sowie *Leuconostoc mesenteroides*. Meist findet eine Spontangärung statt. Es können aber auch von einem Spätstadium der Uji-Fermentation isolierte Lactobacillen als Inokulum dienen. Die Stärke wird durch mehleigene α -Amylasen (E.C. 3.2.1.1) und β -Amylasen (E.C. 3.2.1.2) zu Maltose und Glukose umgewandelt, welche den Bakterien als Substrat dienen. Allerdings sind nicht die Stärkehydrolyseprodukte sondern die schon im Korn vorhandenen Mono- und Disaccharide die wichtigeren Bakteriensubstrate (EISENBRAND und SCHREIER, 1995; OYEWOLE, 1997; STEINKRAUS, 1983).

2.3.3.3 Verwendung

Uji wird vor allem in ländlichen Gebieten zum Frühstück und/oder zu Mittag getrunken und ist Teil der normalen Verzehrsgewohnheiten. Bei einigen Stämmen werden dem Getränk aber zusätzlich spezielle physiologische Wirkungen zugeschrieben: Stillende Mütter trinken große Mengen um die Milchleistung zu erhöhen und beschnittene Mädchen versuchen mit dem Konsum von Uji den Blutverlust durch die Operation auszugleichen (STEINKRAUS, 1983).

2.3.4 Mahewu

2.3.4.1 Beschreibung

Mahewu ist ein saures Getränk mit geringem Alkoholgehalt, welches in einigen südafrikanischen Staaten traditionell konsumiert wird. Hauptrohstoff ist Mais,

manchmal auch Hirse. Es wird auf Haushaltsebene oder in industriellem Maßstab hergestellt. Es existieren je nach Sprache verschiedene Synonyme: *Mageu*, *magou*, *amahewu*, *amarehwu*, *aramrewu*, *emahewu*, *metogo*, *machleu* oder *maphulo* (HOLZAPFEL, 1989; STEINKRAUS, 1983).

2.3.4.2 Herstellung

Bei der traditionellen Mahewuproduktion wird Maismehl mit Wasser vermischt. Die resultierende Mischung mit 8-10 % Trockenmasse wird ca. 1,5 Stunden gekocht, gekühlt und mit 5 % Weizenmehl, welches als „natürlicher Starter“ fungiert, vermischt. Bei 30-35 °C wird die Mischung etwa 36 Stunden lang bis zu einem pH-Wert von 3,5 vergoren. Diese Spontangärung durch mesophile Bakterien hat viele Nachteile, wie z.B. die lange Dauer oder die Vermehrung von nicht erwünschten Organismen. Für die industrielle Produktion wurde daher in den 60er Jahren nach Methoden gesucht, die Fermentation zu steuern und dadurch zu verbessern (SCHWEIGART und FELLINGHAM, 1963; VAN DER MERWE et al., 1964). Derzeitig werden hauptsächlich Verfahren mit thermophilen Starterkulturen (mit *Lactobacillus delbrueckii* als wesentlichem Bakterium) sowie einer Temperatur von etwa 50 °C praktiziert. Außerdem wird neben den Starterkulturen nicht nur Weizenmehl zugesetzt sondern zusätzliche Substanzen, die ein optimales Wachstum der erwünschten Organismen ermöglichen, wie z. B. Pepton, Glucose und Phosphatsalze (HOLZAPFEL, 1989). Weitere beteiligte Mikroorganismen sind *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus fermentum*, *Pediococcus pentosaceus* und *Lactococcus lactis* (OYEWOLE, 1997; SANNI, 1993).

2.3.4.3 Charakteristische und wertbestimmende Bestandteile

Der Säuregehalt (berechnet als Milchsäure) beträgt etwa 0,4-0,5 %, der pH-Wert etwa 3,5. Obwohl Mahewu als alkoholfreies Getränk bezeichnet wird, kann der Ethanolgehalt bis zu 0,7 % betragen (STEINKRAUS, 1983). Das südafrikanische Bureau of Standards gibt eine Obergrenze von 1 % an (zitiert in HOLZAPFEL [1989]). Im allgemeinen wird das Getränk als durstlöschendes Erfrischungsgetränk genossen, daher sinkt in den Wintermonaten die Nachfrage um bis zu 60 %. Der Energiegehalt beträgt 400 kJ/100 ml. Zur Verbesserung der Proteinqualität (höhere biologische Wertigkeit) werden bei Industrieprodukten je nach Hersteller auch Magermilchpulver, Molke, Sojamehl oder Hefe zugesetzt. Flüssiges Mahewu wird im Tetrapack oder in

Großbinden vertrieben. Es werden auch mit Wasser verdünnbare Mahewupräparate (eingedickt zu ca. 25 % Trockenmasse oder als Pulver) vermarktet (HOLZAPFEL, 1989; STEINKRAUS, 1983).

2.3.4.4 Volkswirtschaftliche Bedeutung

Zur Herstellung auf Haushaltsebene konnten keine Zahlen gefunden werden. In der Republik Südafrika lag 1985 die Menge an industriell hergestelltem Mahewu bei ca. 150 Millionen Liter und der jährliche Konsum lag bei 12-14 Liter pro schwarzem Erwachsenen (HOLZAPFEL, 1989).

2.3.5 Kunun-zaki

2.3.5.1 Beschreibung

Kunun-zaki ist ein fermentiertes nicht-alkoholisches Getränk, das traditionell vor allem im Norden Nigerias, aber auch in anderen Ländern hergestellt und konsumiert wird. Der Geschmack ist süß-sauer und kartoffelartig und die Konsistenz milchig-cremig (EFIUVWEVWERE und AKONA, 1995; LASEKAN und LASEKAN, 2000).

2.3.5.2 Herstellung

EFIUVWEVWERE und AKONA (1995) beschreiben die Herstellung folgendermaßen: Die Hirsekörner werden gewaschen, 24 Stunden eingeweicht und zusammen mit Ingwerpulver naßvermahlen. Das Gemisch wird filtriert und das Filtrat 3-5 Stunden zwecks Absetzung von nicht löslichen Teilen stehen gelassen. Nach Dekantierung des Überstandes und Verdünnen mit Wasser wird eine Hälfte gekocht, auf 45-50 °C abgekühlt und mit dem nicht gekochten Teil vermischt. Nach abermaligem Verdünnen mit Wasser wird die Mischung ca. 8 Stunden fermentiert, mit 2 %mas Zucker gesüßt und konsumiert. Bei zu langer Lagerung (über ein Tag) ist das Getränk in der Form nicht mehr genießbar. Das ist auch die Hauptursache dafür, daß Kunun-zaki nicht im industriellen Maßstab hergestellt wird.

Im Laufe des Fermentationsprozesses nehmen coliforme Bakterien ab (2,67 zu Beginn bzw. 0,31 log₁₀ cfu/ml nach 8 Stunden) und Lactobazillen zu (4,34 bzw. 6,98 log₁₀ cfu/ml). Der pH-Wert im Endprodukt liegt bei 3,7. Die dominierenden Bakterien sind *Lactobacillus fermentum*, *L. leichmannii*, *Bacillus subtilis* und *Enterobacter aerogenes*. Mit längerer Fermentationsdauer (pH-Abfall) ist auch *Saccharomyces*

cerevisiae nachweisbar, was eine zunehmende alkoholische Fermentation bewirkt (EFIUVWEVWERE und AKONA, 1995).

2.3.6 *Medida und Nasha*

2.3.6.1 *Beschreibung*

Ein fermentierter oder nicht fermentierter Teig aus Sorghummehl und Wasser wird mit Wasser zu einem dünnflüssigen Brei verrührt. *Medida* und *Nasha* sind traditionelle Lebensmittel im Sudan (DIRAR, 1993).

2.3.6.2 *Herstellung*

Die Ausgangsbasis für die beiden Getränke ist *ajin*, welches einen fermentierten, durch Naßvermahlung von Sorghum oder durch Vermischung von Sorghummehl und Wasser hergestellten Teig darstellt. Ähnlich wie bei der Produktion von Kunun-zaki dominieren anfangs coliforme Bakterien, mit sinkendem pH-Wert sind jedoch Streptococcus- und Lactobacillus-Arten hauptverantwortlich für die Säuerung. Neben Essigsäure und Buttersäure wird großteils Milchsäure gebildet. Als Inokulum dient eine kleine Portion der vorangegangenen Produktion. *Medida* wird durch Vermischen dieser festen Masse mit Wasser produziert. Es kann auch unfermentierter Teig verwendet werden. Bei der *Nasha*-Herstellung werden nach dem Vermischen zusätzlich die unlöslichen Bestandteile durch mehrmaliges Sedimentieren und Dekantieren abgetrennt (wässriger *ajin*-Extrakt). *Nasha* und *Medida* werden hauptsächlich von Kranken, Fastenden (Ramadan!) und stillenden Müttern konsumiert (DIRAR, 1993).

2.3.7 *Türkisches Busa*

2.3.7.1 *Beschreibung*

Busa ist ein milchsauer vergorenes, leicht alkoholisches Getränk mit einer jahrtausendealten Tradition, das in Mesopotamien, Anatolien, auf dem Balkan und in Afrika hergestellt wird. Der in der Türkei verwendete Rohstoff ist Hirse mit geringen Anteilen Mais, Reis oder Weizenmehl (LEE, 1997; YAZICIOGLU und TOPAL, 1985).

In der Literatur existieren noch andere, ähnliche Begriffe, die entymologisch wahrscheinlich den selben Ursprung haben, jedoch nicht als Synonyme verwendet werden sollten: „*Bouza*“ bezeichnet ein in Ägypten hergestelltes Bier mit 3,8-4 %vol

Alkohol. Dabei wird gemahlener Weizen mit Wasser angeteigt und gebacken. Dieses Brot wird zusammen mit Weizenmalz und Wasser 24-72 Stunden fermentiert und nach einem Filterungsprozeß getrunken (MORCOS et al., 1975; MORCOS et al., 1973; SANNI, 1993). „*Busaa*“ (auch *Kenyan Opaque Maize Beer*) bezeichnet ein in Kenya traditionell hergestelltes Bier. Das Verfahren ist mit der *Bouza*-Herstellung vergleichbar, allerdings wird statt Weizenmehlteig Maismehlteig und statt Weizenmalz Hirsemalz verwendet. Der Alkoholgehalt beträgt 2-4 %vol und der Milchsäuregehalt liegt bei etwa 0,5-1 %vol (NOUT, 1980; SANNI, 1993; STEINKRAUS, 1983). Diese Getränke sind wegen dem Vermälzungsprozeß und dem relativ hohen Alkoholgehalt als Bier zu bezeichnen und sind hauptsächlich dadurch von türkischem Busa unterscheidbar.

2.3.7.2 Herstellung

Die zu Grieß vermahlenden Rohstoffe werden mit der dreifachen Menge Wasser vermischt und 4-6 Stunden gekocht. Anschließend wird die Masse filtriert und das Filtrat zu 20 %mas mit Zucker vermischt. Das ist aufgrund der fehlenden Vermälzung notwendig. In der anschließenden 20-24 Stunden dauernden Fermentation (als Inokulum dient die Mischkultur der vorhergegangenen Zubereitung) findet hauptsächlich eine Milchsäure- und eine weniger ausgeprägte alkoholische Gärung statt. Als beteiligte Mikroorganismen konnten die Bakterien *Pediococcus cerevisiae*, *Leuconostoc paramesenteroides* und *Lactobacillus plantarum* sowie die Hefen *Candida scottii*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces uvarum* und *Trichosporon capitatum* isoliert werden (YAZICIOGLU und TOPAL, 1985).

2.3.7.3 Charakterisierende und wertbestimmende Bestandteile

Die Trockensubstanz beträgt 26,3 %. Alkohol- resp. Säuregehalt betragen bis zu 0,6 % resp. 0,3-0,5 %. Durch die enthaltene Milchsäure und Kohlensäure ist türkisches Busa sehr erfrischend (YAZICIOGLU und TOPAL, 1985).

2.3.8 Fermentation von Amaranth

In der Arbeit von GUILLET-SCHEEL (1991) wurde der Einfluß einer Spontanfermentation auf die ernährungsphysiologischen Eigenschaften von Amaranth untersucht. Amaranthsuspensionen mit verschiedenen Trockensubstanzgehalten wurden mit 4 % rohem Amaranthmehl inokuliert und bei Raumtemperatur bzw. 35 °C

fermentiert. Es dominierte dabei die Milchsäuregärung. Der Protein- und Fettgehalt und Gehalt an reduzierenden Zuckern erhöhten sich während der Gehalt an löslichen Zuckern sich verringerte. Proteinqualität und –verdaulichkeit veränderten sich nicht. Diese Arbeit war leider nicht als Primärliteratur zugänglich; zitiert wird sie in (DESHPANDE et al., 2000).

2.3.9 Fermentierte Getränke aus stärkereichen Rohstoffen mit Alkohol als wesentlichem Bestandteil

Vor allem in Afrika und Lateinamerika existiert eine Vielzahl an Getränken, die sowohl eine Milchsäuregärung als auch eine alkoholische Gärung durchlaufen. Der Alkoholgehalt ist sehr verschieden, liegt aber meistens über 3 %. Somit ist Alkohol der wesentliche Bestandteil. Aus diesem Grund wird auf diese Getränke in dieser Literaturstudie nicht näher eingegangen. Technologisch gesehen können diese Getränke als obergärige Biere bezeichnet werden. Einige seien kurz genannt: *Tesguino* (Maisbier aus Mexiko), *Chicha* (Maisgetränk aus den Anden), *Kaffir-* oder *Bantu-Bier* (Sorghumbier aus Südafrika), *Busaa* (Hirsebier aus Kenya) oder *Pito* (nigerianisches Bier aus Hirse oder Mais) (STEINKRAUS, 1983).

2.4 Joghurt-artige Produkte

2.4.1 Allgemeines

Seit einigen Jahrzehnten werden verstärkt Möglichkeiten untersucht, milchartige Lebensmittel auf pflanzlicher Basis zu erzeugen. Der Ersatz von Milch durch Imitate aus pflanzlichen Rohstoffen hat verschiedene Gründe bzw. Vorteile. Für wässrige Sojabohnenextrakte (im folgenden kurz „Sojamilch“) nennt SAMONA (1993) folgende:

- Geringere Herstellungskosten
- Einfachere Technologie
- Laktoseintoleranz
- Milchallergie
- Vegetarismus

Dasselbe gilt auch für Ersatzprodukte für fermentierte Milchprodukte, speziell Joghurt: Eine Vielzahl von Getreide- und Leguminosenarten wurden und werden dahingehend erforscht, als Grundlage zur Herstellung einer äquivalenten Alternative zu herkömmlichem Joghurt zu dienen. Hauptsächlich die Sojabohne (*Glycine max*) ist Gegenstand der Forschung. In diesem Abschnitt werden die verschiedenen Pflanzenarten und deren fermentierte Produkte taxativ aufgezählt und beschrieben.

2.4.2 Sojabohne als Rohstoff

2.4.2.1 Beschreibung

Ein aus Sojabohnen hergestellter wässriger Extrakt wird mit Bakterienkulturen (meist Milchsäurebakterien) inokuliert und fermentiert. Der Vorgang ab der Inokulation entspricht im Prinzip der herkömmlichen Technologie aus der Milchwirtschaft. Die gewonnenen Produkte (im folgenden kurz „Sojajoghurt“) sind mit milchsauen Milchprodukten (Joghurt, Sauermilch) vergleichbar und werden auch im großtechnischen Maßstab produziert. Als frühester Versuch zur Herstellung eines joghurtartigen Produktes aus Soja wird ein US-Patent (ARIYAMA, 1963) und als erster publizierter Versuch zur Fermentation von Sojamilch wird KELLOGG (1934) von ANGELES und MARTH (1971) zitiert.

2.4.2.2 Herstellung

SAMONA (1993) und CHOPRA und PRASAD (1990) beschreiben verschiedene Verfahren zur Herstellung der Sojamilch. Die wichtigsten sind (1) die traditionelle „chinesische“ Methode, (2) eine Methode mit entfettetem Sojamehl, (3) eine Methode mit ganzen Bohnen und (4) eine Methode mit extrudiertem Sojamehl. SALMEN et al. (1991) beschreiben ein Verfahren mit den Hauptrohstoffen Sojaproteinkonzentrat, Palmkernfett und Glucose, die mit Wasser vermischt eine „rekonstituierte“ Sojamilch darstellen.

Die traditionelle Methode besteht prinzipiell aus den folgenden Verfahrensschritten: Einweichen der Sojabohnen, Nassvermahlen, Extraktion mit Wasser, Kochen und Filtrieren. Das Filtrat stellt die Sojamilch dar, die unlöslichen Bestandteile („okara“) werden verworfen. Die anderen drei Methoden sind Abwandlungen dieses einfachen Prinzips: Die Methode (2) ist eine doppelte Extraktion: Eine mit 95% Ethanol und eine mit Hexan. Fettlösliche Stoffe, die den typischen

Bohnengeruch verursachen, werden dadurch entfernt. Bei der Methode (3) wird das Verfahren durch einen Homogenisationsschritt ergänzt und die Filtration entfällt, sodaß keine unlöslichen Filtratrückstände als Abfall übrigbleiben (SAMONA, 1993).

Die mit dem Extrusionsverfahren hergestellte Sojamilch hat einen Wassergehalt von 87,5-90 %. Die Gehalte an den Hauptnährstoffen Fett, Protein und Kohlenhydrate betragen 3,0-3,7 %, 3,3-4,1 % resp. 2,4-3,1 % (SAMONA, 1993). Allerdings ist zu berücksichtigen, daß die genauen Wasser- und Nährstoffgehalte je nach verwendetem Herstellungsverfahren stark variieren. Im Hinblick auf die Fermentation sind vor allem die vorhandenen Kohlenhydrate von Interesse: Im Gegensatz zu anderen Hülsenfrüchten kommt Stärke nur in geringen Mengen vor (0,62 % der Trockenmasse in entfettetem Sojamehl). Die löslichen Zucker in Sojamilch sind vor allem Saccharose (ca. 0,5 %), Stachyose (ca. 0,4 %) und Raffinose (ca. 0,1 %) (ANGELES und MARTH, 1971; BELITZ et al., 2001; MITAL und STEINKRAUS, 1975).

Bei der Fermentation sind die folgenden Punkte entscheidend:

- Keimarmes Ausgangssubstrat
- Wahl der geeigneten Starterkultur
- Der Starterkultur entsprechende Nährstoffe (evtl. Zusätze)
- Wahl der geeigneten Fermentationstemperatur und -dauer

Da bei der Sojamilchherstellung ein wesentlicher Bestandteil das Kochen darstellt, ist das Ausgangssubstrat im Prinzip keimarm. Um ein steriles Ausgangssubstrat zu erhalten wird manchmal vor der Inokulation auch autoklaviert (ANGELES und MARTH, 1971; MITAL und STEINKRAUS, 1975; SHIRAI et al., 1992).

Als Starterkulturen werden vor allem *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus* und *Streptococcus lactis* verwendet. Auch *Bifidobacterium* ssp. und Kefirkulturen wurden untersucht. Die genaue Zusammensetzung der Starterkultur (Ein- oder Mehrstammkultur) ist wichtig für den Fermentationsverlauf und kann sehr verschieden sein. Sehr oft wird die Kombination *Lactobacillus bulgaricus* und *Streptococcus thermophilus*, die auch bei der klassischen Joghurtherstellung wichtig ist, verwendet (ABRAHAM und DE ANTONI, 1999;

CHENG-CHOU und JEN-WAN, 2000; CHOPRA und PRASAD, 1990; RIEMELT et al., 1996).

Wie oben bereits erwähnt sind die in Sojamilch vorhandenen Substrate nicht ideal für das Bakterienwachstum, speziell von Milchsäurebakterien. *Lactobacillus bulgaricus* beispielsweise kann die in Sojamilch enthaltene Saccharose im Gegensatz zu *Streptococcus thermophilus* nicht verwerten. Ein geringeres Wachstum führt zu weniger Milchsäureproduktion bzw. zu höheren pH-Werten. Deshalb kann vor allem durch Zusatz bestimmter Zucker die Fermentation optimiert werden. Am effektivsten erwies sich der Zusatz von Molke (Lactose) und Glucose (ANGELES und MARTH, 1971; PINTHONG et al., 1980b; SALMEN et al., 1991; SHIRAI et al., 1992). Der Einsatz von α -Galactosidase (E.C. 3.2.1.22) exprimierenden Bakterien wie *Lactobacillus fermenti*, um den Stachyose- und Raffinosegehalt von Sojajoghurt zu verringern, erwies sich teilweise als erfolgreich (MITAL und STEINKRAUS, 1975; PINTHONG et al., 1980a; REGITZ und FALBE, 1999).

Die Fermentationstemperatur muß den Temperaturoptima der in den Starterkulturen enthaltenen Bakterienarten angepaßt werden. Beispielsweise liegt der optimale Temperaturbereich von *Lactobacillus bulgaricus* bei 45 °C, der von *Streptococcus thermophilus* bei 37 °C (RIEMELT et al., 1996).

COLLADO et al. (1994) ergänzten Sojamilch mit 10 bzw. 5 % Reismehl und 10 bzw. 15 % Zucker. Nach Inokulation mit Streptokokken- und Leuconostocisolaten konnte ein joghurtartiges Produkt mit einem pH-Wert von 3,7 und einem Säuregehalt von 0,56-0,58 % erzeugt werden.

2.4.3 Lupine als Rohstoff

2.4.3.1 Beschreibung

Ein aus Lupinen (*Lupinus albus*) hergestellter wäßriger Extrakt wird mit Bakterienkulturen (meist Milchsäurebakterien) inokuliert und fermentiert.

2.4.3.2 Herstellung

Für die Herstellung der „Lupinenmilch“ werden zwei Verfahren beschrieben: Im ersten werden die Lupinen erhitzt, von der Hülle befreit, in Wasser eingeweicht und nassvermahlen (CAMACHO et al., 1991). Das Mittex®-Verfahren stellt eine

Kaltwasserextraktion dar. Dabei werden im Vergleich zum ersten Verfahren zusätzlich die unlöslichen Stoffe („okara“) abgetrennt (ANONYMOUS, 1995).

Für die Fermentation verwendeten CAMACHO et al. (1991) verschiedene *Lactobacillus*-Arten mit einer Impfstärke von 1 %. Nach 12 Stunden Fermentationsdauer lagen die pH-Werte zwischen 4,2 und 4,6. Saccharose-, Stachyose-, Raffinose- und Glucosewerte wurden vor und nach der Fermentation gemessen. Glucose und Saccharose konnten von allen Bakterien außer *Lactobacillus fermentum* als Substrat genutzt werden.

Joghurtartige Produkte aus Lupinen werden auch im technischen Masstab hergestellt und vermarktet („Lopinoghurt“, Fa. Lupino).

2.4.4 Erdnuss und Bohne als Rohstoff

Die Erdnuß (*Arachis hypogaea*) und verschiedene Bohnenarten (*Phaseolus* spp.) wurden auf die Möglichkeit untersucht, ein joghurtartiges Produkt zu erzeugen. Die Hauptverfahrensschritte, nämlich die Wasserextraktion und die anschließende Fermentation mit Starterkulturen, sind im Prinzip die gleichen wie bei der oben beschriebenen Sojajoghurtherstellung.

Die Fermentation von wäßrigen Extrakten aus Erdnüssen (im folgenden kurz „Erdnußmilch“) wird beschrieben. Die Erdnußmilch wurde ähnlich wie bei der klassischen Sojamilchherstellung erzeugt. Lediglich das Kochen wurde weggelassen. Vor der Inokulation wurde autoklaviert. Es wurden grundsätzlich Einstammkulturen verwendet. *Lactobacillus bulgaricus*/*Lactobacillus acidophilus* bzw. *Lactobacillus bulgaricus*/*Streptococcus thermophilus* wurden zusätzlich als Zweistammkulturen verwendet. Saccharose (0,6 %mas) ist das wichtigste Substrat in Erdnußmilch. Bei der Fermentation mit Einstammkulturen erwiesen sich *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus xylosus*, *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici* und *Streptococcus thermophilus* als relativ gute Säurebildner. Glucosezusatz erhöhte die Säurebildung bei den meisten Bakterien. Invertasezusatz (Saccharosespaltung) ermöglichte die Säurebildung von Stämmen, die in nicht-supplementierter Erdnußmilch keine Aktivität zeigten. Die Kombination *Lactobacillus bulgaricus*/*Streptococcus thermophilus* erhöhte die Säurebildung und Viskosität im Vergleich zu den entsprechenden Einstammkulturen. Die Konsistenz der erhaltenen

Produkte ist flüssig und eher mit Buttermilch als mit Joghurt vergleichbar (BEUCHAT und NAIL, 1978; BUCKER et al., 1979; SCHAFFNER und BEUCHAT, 1986).

Auch die Fermentation von Wasserextrakten aus den Bohnenarten *Phaseolus aureus* (Mungobohne) und *Vigna unguiculata* wird beschrieben: Bei der Herstellung der beiden Extrakte wurden die Bohnen vor dem Einweichen geröstet. Der milchartige Extrakt wurde mit Pflanzenöl, Margarine oder Magermilchpulver supplementiert und mit einer Starterkultur bestehend aus *Lactobacillus bulgaricus* und *Streptococcus thermophilus* (1:1) inokuliert. Die Produkte wurden mit herkömmlichem Joghurt als Kontrolle sensorisch bewertet (Textur und mouthfeeling, Säure, Geschmack und allgemeine Akzeptanz). Lediglich die Säure bei Mungobohnenjoghurt wurde etwa gleich wie die von herkömmlichem Joghurt bewertet (RAO et al., 1988). Die Fermentation von wässrigem Extrakt aus *Vigna unguiculata* wird auch von (SCHAFFNER und BEUCHAT, 1986) beschrieben.

2.4.5 Hafer als Rohstoff

Schwedische Forscher fermentierten ein kommerziell erhältliches Milchimitat (Mill MilkTM, im folgenden kurz „MM“) mit verschiedenen Bakterienarten. Die Produkte wurden mikrobiologisch (cfu/mL), chemisch (% Säure berechnet als Milchsäure), physikalisch (Viskosität) und sensorisch bewertet.

MM besteht zu 89 %mas aus Wasser. Der Protein- und Fettgehalt liegen bei 1,1 bzw. 1,5 %mas, Maltose- und Maltodextringehalt betragen 4,2 bzw. 2,7 %mas. Von den getesteten neun Stämmen bewirkten sechs einen pH-Abfall auf 4,5 und weniger. *Leuconostoc mesenteroides*, *Leuconostoc dextranicum* und *Lactobacillus kefir* bewirkten einen angenehmen bis akzeptablen Geschmack. Die höchste Exopolysaccharidproduktion (beschrieben mit „ropiness“, d.h. fadenbildend, dickflüssig und mitverantwortlich für die Viskosität) verursachte *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*. Bei diesem Stamm wurden Viskositätsbestimmungen nach Inkubation zusammen mit Supplementen (Glukose, Fruktose oder Saccharose) durchgeführt. Mit Glucosezusatz war die Viskosität in fermentiertem MM-Medium am höchsten (MARTENSSON et al., 2000).

3 Aufgabenstellung

- Mit dem am Institut für Allgemeine Lebensmitteltechnologie erarbeiteten Verfahren zur Herstellung von Amaranthgetränken waren geeignete Ausgangsprodukte für eine anschließende Fermentation zu erzeugen. Die Herstellungsparameter dafür sollten optimiert werden.
- In Vorversuchen waren vorerst geeignete Kulturen und Fermentationsbedingungen zu ermitteln.
- Durch entsprechende Versuchsplanung sollten die Einflüsse der stetigen Variablen (Fermentationszeit, Trockensubstanz) und der unstetigen Variablen (Ausgangssubstrat, Kulturart und Kulturkombination) untersucht werden.
- Alle Produkte waren analytisch, sensorisch und ernährungsphysiologisch zu charakterisieren.

4 Material und Methoden

4.1 Rohstoffe

4.1.1 Amaranthvollmehl

Amaranth wurde von der Firma Posch (A-3200 Obergrafendorf), Markenname „Life-Power®“ bezogen. Es handelte sich um die Sorte *Amaranthus caudatus* aus kontrolliert biologischem Anbau (Bio Prüfnummer AT-0-02-BIO), abgefüllt in 25 kg Säcken (Abfülldatum 11. 2001). Bis zur Vermahlung wurden die Säcke bei 4 °C gelagert. Vermahlen wurden die Körner mit einer Stiftmühle (Labormühle „PXL 18“, 12000 min⁻¹, Fa. Pallmann, Deutschland), nachdem sie durch einen Metallsichter (GOUDSMITH Magnetic Systems, Aalst-Waalre, Holland) geführt worden sind. Das Mehl wurde in PE-Säcke abgefüllt, gut verschlossen und bis zur Verwendung im Kühlraum bei 4 °C gelagert.

4.1.2 Amaranthvollmehl gepoppt

Der gepoppte Amaranth wurde ebenfalls von der Firma Posch (A-3200 Obergrafendorf), Markenname „Life-Power®“ bezogen. Es wurde auch aus der Sorte *Amaranthus caudatus*, erzeugt und in 10 kg Säcken (Abfülldatum 4.4.2002, Ablaufdatum 4.10.02) abgefüllt. Für die Vorversuche wurde eine ältere Charge, die keine Spezifikationsbeschriftung mehr enthielt, verwendet. Die weitere Verarbeitung entsprach der unter Punkt 4.1.1 angeführten.

4.1.3 Amaranthvollmehl getoastet

Die Rohwarenspezifikation und die Verarbeitung entsprechen denen unter Punkt 4.1.1 angeführten, allerdings wurde zwischen Metallsichtung und Vermahlung eine Hitzebehandlung („Toasten“) mit einem Thermoreaktor (PROZESSANLAGE, Firma Schneider AG, Pfäffikon, Schweiz) durchgeführt: Diese erfolgte in 2 kg-Chargen bei 130 °C und dauerte jeweils 23 Minuten. Nach dem Toasten wurden die Körner in PE-Säcke gefüllt und bei 4 °C kühl gelagert.

4.2 Enzympräparate

4.2.1 Amylase

Für den Stärkeaufschluss wurde eine hitzestabile α -Amylase (TERMAMYL® 120L Typ L, Dänemark) verwendet. Diese Endo-Amylase spaltet α -1,4-Bindungen im Stärkemolekül.

4.2.2 Amyloglucosidase

Für die Verzuckerung mit technischem Enzym wurde eine Amyloglucosidase (AMG 300L, Firma Novo Nordisk, Dänemark) verwendet. Dieses Enzym spaltet Glucose vom nicht-reduzierenden Ende der Stärkemoleküle ab. Es werden sowohl α -1,6- als auch α -1,4-bindungen hydrolysiert.

4.2.3 Malz

Für die Verzuckerung mit Malz wurde Stadlauer Pilsnermalz verwendet. Dieses Darmmalz wurde mit einer Stiftmühle (Labormühle „PXL 18“, 12000 min⁻¹, Fa. Pallmann, Deutschland) vermahlen, in einen PE-Sack abgefüllt und bis zur weiteren Verwendung bei 4 °C gelagert. Malz enthält verschiedene Enzyme, u.a. α -Amylase, β -Amylase, Grenzdextrinase, Maltase, Invertase und Proteinasen.

4.3 Starterkulturen

4.3.1 Thermophile Einstammkulturen:

- *Lactobacillus acidophilus*-5 (Fa. Chr. Hansen, Hoersholm, DK)
- *Streptococcus thermophilus* V1 (Fa. Wisby, Niebüll, Deutschland)
- *Streptococcus thermophilus* F3 (Fa. Wisby, Niebüll, Deutschland)
- *Bifidobacterium*-12 (Fa. Chr. Hansen, Hoersholm, DK)

4.3.2 Thermophile Mehrstammkulturen

- YC 183 Joghurtkultur (*Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*), Molkerei Oberwart, Österreich
- MSK-Mix DV 1-67 (*Lactobacillus lactis*, *Streptococcus thermophilus*), Fa. Wisby, Niebüll, Deutschland

- ABT 21 (*Lactobacillus acidophilus*-5, *Bifidobakterium*-12, *Streptococcus thermophilus*), (Fa. Chr. Hansen, Hoersholm, DK)
- ABT 6 (*Lactobacillus acidophilus*-5, *Bifidobakterium*-12, *Streptococcus thermophilus*), (Fa. Chr. Hansen, Hoersholm, DK)

4.3.3 Mesophile Mehrstammkultur

- Probat-505 (Danisco Cultor, Wien, Österreich)

4.4 Zusätze für Amaranthmischgetränke

- Vanillezucker, Fa. Hofer
- fettarmer Kakao, Fa. Spar
- lösliches Kaffepulver, Fa. Hofer
- Bananen, Fa. Hofer
- Mandeln gemahlen, Fa. Spar
- Haselnüsse gemahlen, Fa. Spar
- Kardamon gemahlen, Naschmarkt

4.5 Analytische Methoden

4.5.1 Viskosität

4.5.1.1 Prinzip

Eine Spindel (zylindrisch oder scheibenförmig) ist über eine Torsionsfeder an einem Motor befestigt. Am Motor ist eine Skala angebracht, d.h. die Skala dreht sich mit der gleichen Geschwindigkeit wie der Motor. Die Torsionsfeder ist über einen Dynamometer mit einem Zeiger verbunden, der sich über der Skala befindet (Bei stehendem Motor liegt der Zeiger bei 0). Die Spindel wird in die zu messende Flüssigkeit getaucht. Wird der Motor eingeschaltet, wird dieser Drehung von der Flüssigkeit ein bestimmter Widerstand (Drehmoment) entgegengesetzt. Die Torsionsfeder wird daher bei Beginn der Motorrotation verdrillt (d.h. die Spindel dreht sich nicht). Ab einem bestimmten Verdrillungsgrad dreht sich die Spindel und nach einer bestimmten Zeit rotiert die Spindel mit der gleichen Geschwindigkeit wie der

Motor, wobei die Torsionsfeder einen bestimmten Verdrillungsgrad einnimmt (Auf der Skala wirkt sich das so aus, daß sich zu Beginn der Motorrotation der Zeiger langsamer als die Skala oder gar nicht dreht. Ab einem bestimmten Zeitpunkt dreht sich der Zeiger mit der gleichen Geschwindigkeit wie die Skala, allerdings steht der Zeiger nicht auf 0, was keinem Widerstand von der Flüssigkeit entsprechen würde, sondern zwischen 0 und 100).

Theoretisch kann das physikalische Prinzip der Viskosität so erklärt werden: Wird ein Körper (in unserem Fall eine zylindrische Spindel) in einer Flüssigkeit oder in einem Gas mit der Kraft K mit einer bestimmten Geschwindigkeit v bewegt, so wirkt dieser Bewegung eine Kraft entgegen, die von der Grösse der Fläche F abhängt, auf der Medium und bewegter Körper sich berühren (in unserem Fall die Zylinderoberfläche). Diese Kraft wird *Schubspannung* genannt (K/F , Einheit dyn/cm^2). Je näher die Mediumteilchen beim bewegten Körper liegen, umso schneller bewegen sie sich, und zwar in dieselbe Richtung wie der bewegte Körper. Somit entsteht ein Geschwindigkeitsgefälle oder Scherrate dv/dx (Einheit s^{-1}). Es gilt $\frac{K}{F} = \frac{dv}{dx}$. D.h. je grösser die Schubspannung umso grösser wäre das Geschwindigkeitsgefälle. Durch das Phänomen Viskosität jedoch ist dieses Verhältnis durch den Proportionalitätsfaktor η bestimmt. Somit ergibt sich $\frac{K}{F} = \eta \times \frac{dv}{dx}$ (*Newton'sches Viskositätsgesetz*). Der Faktor η bezeichnet die *dynamische Zähigkeit* oder *Viskosität* und hat die Dimension $\text{dyn cm}^{-2} \text{ s}$ (SI-Einheit N s m^{-2} , entspricht 10^3 m Pa s oder centipoise). Diese Gesetzmässigkeit gilt nur für Newton'sche Medien. Konzentrierte Lösungen von Makromolekülen oder kolloidale Medien zeigen eine nichtlineare Abhängigkeit zwischen der Schubspannung und der Scherrate. In diesem Fall spricht man von der *scheinbaren Viskosität* unter den jeweiligen Messbedingungen (LEWIS, 1987; SCHORMÜLLER, 1965a).

4.5.1.2 Durchführung

Die im Wasserbad auf 25 °C temperierte Probe wurde in den trockenen Meßbehälter gefüllt. Dann wurde der Behälter entlang des Bügels bis zum Anschlag in die Viskosimeterapparatur eingetaucht. Es wurde genau soviel Getränk eingefüllt, daß nach dem Eintauchen der Spindel deren Marke gerade noch sichtbar war. Dann wurde bei der jeweiligen Geschwindigkeit der Motor eingeschaltet und nach 15 Sekunden die

Skalenumdrehung fixiert. Nach Stoppen des Motors wurde der Wert abgelesen und mit der Umrechnungstabelle in die (scheinbare) absolute Viskosität (N s m^{-2}) umgerechnet.

Bei den Zwischenversuchen wurde nicht das vorgesehene, genormte Viskosimetergefäß verwendet, sondern die Spindel wurde direkt in das Fermentationsgefäß bis zur Spindelmarke getaucht, und die Messung wurde wie oben beschrieben durchgeführt. Der dimensionslose Skalenwert konnte daher nicht in die absolute, scheinbare Viskosität (Einheit N s m^{-2}) umgerechnet werden. Allerdings konnte der Skalenwert vor und nach der Fermentation verglichen werden und daher eine eventuelle meßbare Veränderung der Viskosität festgestellt werden. Alle Fermentationsgläser hatten die gleiche Form und wurden mit gleich viel Amaranthgetränk befüllt. Die Temperatur war bei allen Messungen gleich. Aus diesen Gründen konnten daher auch qualitative Viskositätsvergleiche zwischen den verschiedenen Proben (Trockensubstanz, Kulturen, Nachhydrolyseenzyme) gemacht werden. Es wurden Einfachbestimmungen durchgeführt.

4.5.1.3 Geräte

- Viskosimeter: BROOKFIELD "Synchro-lectric" Modell RVT, Ser.Nr. 38363, Brookfield Engineering Lab., Stoughton, Massachusetts, USA
- Verwendete Spindeln: 1, 3
- Messbehälter (\varnothing 80 mm, Höhe 120 mm) mit Bügel
- Wasserbad

4.5.2 Sedimentation grobdisperser Bestandteile

4.5.2.1 Prinzip

Durch Zentrifugation setzen sich Teilchen mit höherem Sedimentationskoeffizienten im Zentrifugenröhrchen ab (Rückstand). Das Volumsverhältnis zwischen Überstand und Rückstand kann zur quantitativen Beschreibung von den in der Probe enthaltenen grobdispersen unlöslichen Bestandteilen herangezogen werden. Dieses Prinzip wird auch bei fermentierten Milchprodukten angewendet. In diesem Fall spricht man von "Molkenlässigkeit" (Synärese).

4.5.2.2 Durchführung

In ein tariertes Zentrifugenröhrchen (M1) wurden $80 \pm 0,5$ mg der Probe eingefüllt und mit einer Genauigkeit von $\pm 0,001$ mg gewogen (M2). Das Röhrchen

wurde in den schwenkbaren Röhrchenbehälter gestellt. Um Unwucht zu vermeiden wurde im gegenüberliegenden Röhrchenbehälter entweder ein mit einer anderen Probe oder mit Wasser gefülltes Röhrchen platziert. Dann wurde 10 Minuten bei 1000 g (beim verwendeten Rotor und der gewählten Röhrchenfüllhöhe entsprach das 3100 min^{-1}) zentrifugiert. Da der Rückstand relativ fest am Röhrchenboden haftete, konnte der Überstand in den Abguß geleert werden. Dann wurde das Röhrchen wieder gewogen (M3). Mit folgender Formel wurde der Volumsanteil des Rückstandes ($V_{\text{Rückstand}}$) am Gesamtvolumen der Probe in % ermittelt:

$$\text{Volumen}_{\text{Rückstand}} [\%] = \frac{(M3 - M1) \times 100}{M2}$$

M1 Gewicht Zentrifugenröhrchen [g]

M2 Gewicht Probe [g]

M3 Gewicht Zentrifugenröhrchen und Rückstand [g]

Bei jeder Probe wurden zwei Messungen vorgenommen. Der Mittelwert (auf zwei Dezimalen genau berechnet) stellte das Endresultat dar.

4.5.2.3 Geräte

- Zentrifuge Sigma „2-15“, D-3360 Osterode
- Rotoreinsatz Artikelnummer 11192
- Zentrifugenröhrchen Kunststoff 100 ml
- Waage SARTORIUS Typ „BP 210S“, Göttingen, Deutschland

4.5.3 Farbe

4.5.3.1 Prinzip

Die Probe wird mit einem Lichtblitz bestrahlt und das von der Probe reflektierte Licht gemessen. Dabei wird die Probe in einer Küvette auf der Messöffnung einer sog. Ulbricht'schen Kugel positioniert. Eine Xenon-Blitzlampe erhellt die Innenseite der Kugel und die Probe absorbiert bzw. reflektiert bestimmte Anteile des Lichtes. Das in einem Winkel von 8° (bezogen auf die Senkrechte zur Probenküvettenoberfläche) reflektierte Licht wird in drei gleiche Teile getrennt, die mit einem Glasfaserkabel zu je einem Filter und einem Photorezeptor geleitet werden.

Durch diese sog. Normfarbwert-Messfilter gelangen nur bestimmte Anteile des Lichts zu den Photorezeptoren. Die gemessenen Normfarbwerte X, Y und Z können in verschiedene genormte Einheiten umgerechnet werden. Ein gebräuchliches System ist das CIELAB-System mit der Einheit $L^*a^*b^*$, welches auch im vorliegenden Fall verwendet wurde. Im Gegensatz zu anderen bzw. älteren Systemen besteht hier der Vorteil, dass sich vom menschlichen Auge empfundene Farbdifferenzen (etwa zwischen einem Standard und einer Probe) nicht nur qualitativ sondern auch quantitativ im Messergebnis ausdrücken. Anders ausgedrückt, entsprechen bestimmte gemessene Differenzen in $L^*a^*b^*$ -Einheiten auch den vom menschlichen Auge bzw. Gehirn wahrgenommenen Unterschieden. Der L^* -Wert beschreibt die Helligkeit einer Farbe bei Betrachtung dieser Farbe als Grauton. Der L^* -Bereich erstreckt sich von 0 (Schwarz) bis 100 (Weiss), der a^* -Wert (grün-rot-Achse) und b^* -wert (blau-gelb-Achse) von -120 bis +120. Ein $L^*a^*b^*$ -Wert 50/0/0 beispielsweise entspricht im Prinzip einer "Mischung" von Schwarz und Weiss im Verhältnis 1:1. Der Absolutwert im $L^*a^*b^*$ -System ist nicht so aussagekräftig wie der Unterschied zwischen zwei Werten. Mit Formel (1) kann die Farbdifferenz zwischen zwei Farben quantifiziert werden:

$$(1) \quad \Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Ein erkennbarer Unterschied ist ab einem ΔE^* -Wert von 0,2-0,5 gegeben, von einem sehr deutlichen Unterschied kann ab ΔE^* -Werten zwischen 3,0 bis 6,0 gesprochen werden (ANONYMOUS; LAWLESS und HEYMANN, 1999).

4.5.3.2 Durchführung

Nach der Kalibration des Gerätes (Weiss mit Weissstandard, Schwarz in den Raum) wurden zwei Küvetten zu je drei Viertel mit Probe befüllt. Dann wurde eine Küvette im Messkopf mit dem Probenhalter und dem Probendeckel platziert und die Messung durchgeführt (Programm 3: " $L^*a^*b^*$ ", Mittelwertfunktion). Nach Beenden der Messung wurde der Probendeckel entfernt, die Küvette um 45 ° gedreht und erneut die Messung durchgeführt. In der gleichen Weise wurde mit der zweiten Probenküvette verfahren, sodass pro Probe insgesamt vier Messungen gemacht wurden. Nach Betätigen der Mittelwertfunktionstaste wurde der Mittelwert automatisch berechnet und ausgedruckt.

4.5.3.3 Geräte

- Farbmessgerät MICROCOLOR LMG 051, Data Station mit Drucker

- Küvetten, Modell LZMO93
 - Weisstandard D65/10°d/8°, Art.Nr. 011765
- alles Dr. Bruno Lange GesmbH, Berlin, Deutschland

4.5.4 pH-Wert

Der pH-Verlauf und die Temperaturkontrolle während der Fermentation, einzelne pH-Messungen sowie die Säuregradbestimmung wurden mit tragbaren pH-Messgeräten mit Einstabmeßketten und Temperaturfühlern gemessen. Vor jeder Messung bzw. maximal einmal pro Tag wurde eine Zweipunktkalibrierung (frische Standardlösungen, pH 4 und pH 7) durchgeführt. Die automatisch gespeicherten Meßwerte wurden auf den Computer überspielt und in das Tabellenkalkulationsprogramm EXCEL[®] übertragen..

4.5.4.1 Geräte

- pH-Messgeräte: WTW pH 340i, Firma wtw, Weilheim, Deutschland
- Einstabmeßketten: METTLER TOLEDO Inlab[®], Urdorf, Schweiz
- Temperaturfühler WTW TFK 325, Firma wtw, Weilheim, Deutschland
- Datenübertragungsprogramm: ACHAT II, Version 5.01

4.5.4.2 Chemikalien

- pH-Standards: Radiometer Analytical
pH 7,000 ± 0,010 bei 25°C, Nr. S11M004
pH 4,005 ± 0,010 bei 25°C, Nr. S11M002

4.5.5 Säuregrad nach Soxhlet-Henkel (mod. nach SCHORMÜLLER [1965b])

4.5.5.1 Prinzip

Der Säuregrad (°SH) gibt die Menge an Natronlauge an, die bei der Titration der Probe bis zu neutralem pH-Wert verbraucht wird. Bei der klassischen Methode nach Soxhlet-Henkel wird gegen Phenolphthalein als Indikator titriert. Dabei wird unter Säuregrad „die Anzahl Milliliter 0,25 n-Natronlauge verstanden, die erforderlich ist, um bei der Titration von 100 ml des Produktes unter Verwendung von Phenolphthalein als Indicator den Standardfarbton zu erreichen“ (SCHORMÜLLER, 1965b). Eine °SH-Einheit ist also äquivalent mit 1 ml verbrauchter 0,25 n-Natronlauge.

Im vorliegenden Fall wurde die Methode dahingehend modifiziert, daß 0,1 N Natronlauge und 25 ml Probe verwendet wurden. Ausserdem wurde mit einem pH-Meter als Endpunktindikator bis zum pH-Wert $7 \pm 0,005$ titriert, da der rosa Farbton von Phenolphthalein durch die braune Farbe des Amaranthgetränkes nicht erkennbar war. Die erhaltenen Werte wurden auch in Gesamtsäure (berechnet als Milchsäure) in g/l umgerechnet.

4.5.5.2 Durchführung

Mit einer Vollpipette wurden 25 ml Probe in einen Erlenmeyerkolben mit Magnetrührer pipettiert. Mit destilliertem Wasser wurden in der Pipette haftende Probenreste in den Kolben gespült und der Kolben bis etwa 80 ml mit destilliertem Wasser aufgefüllt. Dann wurde das pH-Meter und der Temperaturfühler sowie der Schlauch der NaOH-Bürette in die Probe getaucht. Bei eingeschaltetem Rührer wurde knapp bis unter den Neutralpunkt titriert, eine Minute gewartet und hierauf genau bis zum Neutralpunkt titriert. Der Verbrauch an NaOH (V_{NaOH}) in ml wurde in Gleichung (1) eingesetzt. Es wurden Doppelbestimmungen durchgeführt. Das Endresultat stellt den Mittelwert beider Messungen dar. Mit Gleichung (2) kann aus dem °SH-Grad auch die Gesamtsäure (berechnet als Milchsäure) ermittelt werden.

$$(1) \quad \text{Säuregrad } [^{\circ}\text{SH}] = 4 \times \frac{1}{2,5} \times V_{\text{NaOH}}$$

V_{NaOH} Verbrauch an 0,1 N NaOH [ml]

$$(2) \quad \text{Gesamtsäure (berechnet als Milchsäure) [g/l]} = \frac{^{\circ}\text{SH}}{4} \times 0,901$$

4.5.5.3 Geräte und Reagenzien

- Vollpipetten 25 ml
- Erlenmeyerkolben mit Magnetrührer
- automatische Titrierbürette "Dosimat", Fa. Metrohm (Herisau, Schweiz)
- destilliertes Wasser, 0,1 N NaOH

4.5.6 Enzymatische Maltose/Saccharose/Glucose-Bestimmung

4.5.6.1 Prinzip

Durch spezifische enzymatische Umsetzung von einem Substrat wird das Coenzym NADP zu NADPH reduziert. Das gebildete NADPH bewirkt eine Absorption

von UV-Licht bei 340 nm. Diese Absorption wird gemessen und ist proportional zur vorhandenen Substratkonzentration.

Folgende Reaktionen finden statt:

- (1) $\text{Maltose} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Alpha-Glucosidase}} 2 \text{ D-Glucose}$
- (2) $\text{Saccharose} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Alpha-Glucosidase}} \text{D-Glucose} + \text{D-Fructose}$
- (3) $\text{Saccharose} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Beta-Fructosidase}} \text{D-Glucose} + \text{D-Fructose}$
- (4) $\text{D-Glucose} + \text{ATP} \xrightarrow{\text{Hexokinase}} \text{Glucose-6-P} + \text{ADP}$
- (5) $\text{G-6-P} + \text{NADP}^+ \xrightarrow{\text{G6P-Dehydrogenase}} \text{Gluconat-6-P} + \text{NADPH} + \text{H}^+$

Die während der Reaktion (5) gebildete NADPH-Menge ist der Saccharose-Menge, der D-Glucose-Menge und der halben Maltose-Menge äquivalent.

4.5.6.2 Durchführung

Für die Maltose/Saccharose/Glucosebestimmung der mit Malz hydrolysierten Proben wurde eine Verdünnungsreihe mit einem resultierenden Verdünnungsfaktor $F=200$, für die Glucosebestimmung der mit Amyloglucosidase hydrolysierten Proben $F=1000$ durchgeführt. Es wurde folgendermaßen vorgegangen:

- (a) Faktor 10: 2 ml Probe + 18 ml bid. H_2O
- (b) Faktor 100: 2 ml (a) + 18 ml bid. H_2O
- (c) Faktor 200: 10 ml (b) + 9,97 ml bid. H_2O + 0,03 ml 0,1 N NaOH
(bei nicht fermentierter Probe)
- (d) Faktor 200: 10 ml (b) + 9,9 ml bid. H_2O + 0,1 ml 0,1 N NaOH
(bei fermentierter Probe)
- (e) Faktor 1000: 2 ml (b) + 17,994 ml bid. H_2O + 0,006 ml 0,1 N NaOH
(bei nicht fermentierter Probe)
- (f) Faktor 1000: 2 ml (b) + 17,98 ml bid. H_2O + 0,02 ml 0,1 N NaOH
(bei fermentierter Probe)

Durch Zugabe von Natronlauge wurde der pH-Wert der Probe in den neutralen bis leicht alkalischen (pH-Wert 7-8, Kontrolle mit Indikatorstäbchen) Bereich verschoben. Die Verdünnungen (c), (d), (e) und (f) wurden zwecks Abtrennung von trübenden Teilen filtriert. Beim Pipettieren der Reagenzien und Proben in die Küvetten wurde gemäß folgendem Pipettierschema vorgegangen:

(Werte in ml)	Leerwert Maltose	Maltose-probe	Leerwert Saccharose	Saccharose Probe	Leerwert D-Glucose	D-Glucose probe	Reaktion
Lösung 1	0,1	0,1	-	-	-	-	(1), (2)
Lösung 2	-	-	0,1	0,1	-	-	(3)
Probe	-	0,05	-	0,05/0,7*	-	0,05/0,7/0,3*	
mischen (mehrmaliges Aufsaugen mit der Mikropipette), 20 min stehenlassen							
Lösung 3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
bid. Wasser	0,9	0,85	0,9	0,85/0,2*	0,9	0,95/0,3/0,7*	
mischen (mehrmaliges Aufsaugen mit der Mikropipette), 3 min stehenlassen, Messung E1							
Susp. 4	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	(4), (5)
mischen (Rührspatel), Messung E2 nach Reaktionsstillstand (10 – 15 min)							

Von den vor (E1) und nach (E2) Hexokinasezugabe gemessenen Extinktionswerten wurde die Differenz gebildet (Gleichung 6). Dann wurden von den Proben-Extinktionsdifferenzen die Leerwert-Extinktionsdifferenzen subtrahiert (Gleichung 7). Gleichungen 8 – 10 ergeben die Werte $\Delta E_{\text{Maltose/Saccharose/Glucose}}$. Diese Werte wurden jeweils in Gleichung 11 eingesetzt und ergaben die Konzentration des entsprechenden Zuckers.

- (6) $E_2 - E_1 = \Delta E$
- (7) $\Delta E_{\text{Probe}} - \Delta E_{\text{Leerwert}} = \Delta E_{\text{Maltose-Probe/Saccharose-Probe/Glucose-Probe}}$
- (8) $\Delta E_{\text{Maltose-Probe}} - \Delta E_{\text{Saccharose-Probe}} = \Delta E_{\text{Maltose}}$
- (9) $\Delta E_{\text{Saccharose-Probe}} - \Delta E_{\text{Glucose-Probe}} = \Delta E_{\text{Saccharose}}$
- (10) $\Delta E_{\text{Glucose-Probe}} = \Delta E_{\text{Glucose}}$

(11) $Konzentration [g/l] = \frac{V \times MG}{\epsilon \times d \times v \times 1000 \times (2)^{**}} \times \Delta E \times F$

- V Testvolumen [ml] (1,51)
- v Probevolumen [ml] (0,05/0,7/0,3)
- MG Molekulargewicht (Maltose und Saccharose 342,3, Glucose 180,16)
- d Schichtdicke der Küvette [cm] (1)
- ϵ Extinktionskoeffizient von NADPH bei 340 nm (6,3)
- F Verdünnungsfaktor F (200 resp. 1000)
- ** Division durch 2 nur bei der Maltose-Berechnung
- ΔE $\Delta E_{\text{Maltose/Saccharose/Glucose}}$

Nur bei ausreichend hoher Extinktionsdifferenz (d.h. einem $\Delta E > 0,100$) kann von einer ausreichenden Genauigkeit ausgegangen. Der geringste ΔE -Wert, welchen

das Verfahren unterscheiden kann, liegt bei 0,005 bis 0,010 Extinktionseinheiten. Aus diesem Grund ist das im Pipettierschema angegebene Probevolumen von 0,05 ml nur für die Maltoseberechnung, nicht aber für die Saccharose- und Glucoseberechnung ausreichend. Wie aus Gleichung (8) ersichtlich, muß der Saccharoseansatz aber auf jeden Fall mit dem selben Volumen gemacht werden. Um genauere Ergebnisse für Saccharose und Glucose zu erhalten, wurde das Probevolumen erhöht und die Zugabe von bidestilliertem Wasser entsprechend verringert, um das Gesamtvolumen von 1,51 ml gleich zu halten (jeweils die zweiten Werte bei den mit * gekennzeichneten Volumina im Pipettierschema).

Die Glucosemessung der mit Amyloglucosidase hydrolysierten Proben wurde mit einem Probevolumen von 0,3 ml und entsprechend verringerter Wasserzugabe durchgeführt (jeweils die dritten Werte bei den mit * gekennzeichneten Volumina im Pipettierschema). Da das Verhältnis D-Glucose zu Maltose und Saccharose in der Probe größer als 10:1 war, konnte die parallele Bestimmung von Maltose, Saccharose und Glucose (wie bei den Malzproben) nicht durchgeführt werden.

Es wurden Einwegküvetten mit 1 cm Schichtdicke verwendet. Die Einstellungen beim Photometer waren: „ABS“ (für Absorption), Wellenlänge 340 nm. Vor jeder Messung wurde gegen eine mit bidestilliertem Wasser gefüllte Küvette die Absorption auf 0 gestellt. Die Messungen wurden bei Raumtemperatur durchgeführt. Es wurden Einfachbestimmungen durchgeführt.

4.5.6.3 Geräte

- Photometer HITACHI U-1100
- Einwegküvetten und Rührspatel
- Kolbenhubpipetten (verschiedene Volumina) mit Pipettenspitzen
- Glaspipetten, Eprouvetten, Faltenfilter, Trichter, Eprouvettenschüttler

4.5.6.4 Reagenzien

- Maltose/Saccharose/D-Glucose-Testkit, Boehringer Mannheim, Best.Nr. 1113950
- bidestilliertes Wasser
- 0,1 N NaOH
- pH-Indikatorstäbchen, Merck

4.5.7 Enzymatische D/L-Milchsäurebestimmung

4.5.7.1 Prinzip

Durch spezifische enzymatische Umsetzung von D/L-Milchsäure (D/L-Lactat) wird das Coenzym NAD zu NADH reduziert. Das gebildete NADH bewirkt eine Absorption von UV-Licht bei 340 nm. Diese Absorption wird gemessen und ist proportional zur vorhandenen Substratkonzentration.

Folgende Reaktionen finden statt:

- (1) $\text{D-Lactat} + \text{NAD}^+ \xrightleftharpoons{\text{D-Lactatdehydrogenase}} \text{Pyruvat} + \text{NADH} + \text{H}^+$
- (2) $\text{L-Lactat} + \text{NAD}^+ \xrightleftharpoons{\text{L-Lactatdehydrogenase}} \text{Pyruvat} + \text{NADH} + \text{H}^+$
- (3) $\text{Pyruvat} + \text{L-Glutamat} \xrightleftharpoons{\text{GPT}} \text{L-Alanin} + \text{2-Oxoglutarat}$

Das Gleichgewicht der Reaktionen (1) und (2) liegt auf der linken Seite. Durch Abfangen des Pyruvats mit Glutamat-Pyruvat-Transaminase (GPT) wird D/L-Laktat quantitativ zu Pyruvat umgewandelt (Reaktion 3). Die gebildete Menge NADH ist der Menge D- resp. L-Lactat äquivalent.

4.5.7.2 Durchführung

Es wurde eine Verdünnungsreihe bis zu einem resultierenden Verdünnungsfaktor $F = 50$ durchgeführt:

- (a) Faktor 10: 2 ml Probe + 18 ml bidest. Wasser
- (b) Faktor 50: 4 ml (a) + 15,5 ml bidest. Wasser + 0,5 ml 0,1 N NaOH

Der Test erfordert einen pH-Wert der Probe zwischen 8 und 10, weshalb Natronlauge zur sauren Probenlösung hinzugefügt wurde (pH-Wert-Kontrolle mit Indikatorstäbchen). Die Endverdünnung wurde zur Abtrennung von trübenden Bestandteilen filtriert. Es wurde gemäss folgendem Pipettierschema vorgegangen:

In Küvetten pipettieren	Leerwert (ml)	Probe (ml)
Lösung 1	1,000	1,000
Lösung 2	0,200	0,200
Suspension 3	0,020	0,020
Probelösung	-	0,100
bidest. Wasser	1,000	0,900
Mischen mit Rührspatel. Nach 5 Minuten Extinktionsmessung (E ₁). D-Lactatdehydrogenase-Reaktion starten durch Zugabe von		
Lösung 4	0,020	0,020
Mischen mit Rührspatel. Nach Ablauf der Reaktion (30 Minuten) Extinktionen von Probe und Leerwert unmittelbar hintereinander messen (E ₂). L-Lactatdehydrogenase-Reaktion starten durch Zugabe von		
Lösung 5	0,020	0,020
Mischen mit Rührspatel. Nach Ablauf der Reaktion (30 Minuten) Extinktionen von Probe und Leerwert unmittelbar hintereinander messen (E ₃).		

Die Werte wurden in folgende Gleichungen eingesetzt:

(4) $E_{2\text{ Probe}} - E_{1\text{ Probe}} = \Delta E_{D\text{-Probe}}$

(5) $E_{2\text{ Leerwert}} - E_{1\text{ Leerwert}} = \Delta E_{D\text{-Leerwert}}$

(6) $\Delta E_{D\text{-Probe}} - \Delta E_{D\text{-Leerwert}} = \Delta E_{D\text{-Lactat}}$

(7) $E_{3\text{ Probe}} - E_{2\text{ Probe}} = \Delta E_{L\text{-Probe}}$

(8) $E_{3\text{ Leerwert}} - E_{2\text{ Leerwert}} = \Delta E_{L\text{-Leerwert}}$

(9) $\Delta E_{L\text{-Probe}} - \Delta E_{L\text{-Leerwert}} = \Delta E_{L\text{-Lactat}}$

(10) $Konzentration\ [g/l] = \frac{V \times MG}{\epsilon \times d \times v \times 1000} \times \Delta E_{(D\text{-resp. L-Lactat})} \times F$

- V
- Testvolumen [ml] (2,240 für D-Lactat, 2,260 für L-Lactat)
- v
- Probenvolumen [ml] (0,100)
- MG
- Molekulargewicht Milchsäure(90,1)
- d
- Schichtdicke der Küvette [cm] (1)
- ε
- Extinktionskoeffizient von NADPH bei 340 nm (6,3)
- ΔE_(D- resp. L-Lactat)
- Werte aus Gleichung (6) resp. (9)
- F
- Verdünnungsfaktor F (50)

Die Ergebnisse aus Gleichung (10) stellen die Gehalte an D- resp. L-Lactat dar.

Es wurden Einwegküvetten mit 1 cm Schichtdicke verwendet. Die Einstellungen beim Photometer waren: „ABS“ (für Absorption), Wellenlänge 340 nm.

Vor jeder Messung wurde gegen eine mit bidestilliertem Wasser gefüllte Küvette die Absorption auf 0 gestellt. Die Messungen wurden bei Raumtemperatur durchgeführt. Es wurden Zweifachbestimmungen durchgeführt. Der Mittelwert von zwei Messungen, gerundet auf eine Dezimalstelle, stellte das Endresultat dar.

4.5.7.3 Geräte

- Photometer HITACHI U-1100
- Einwegküvetten und Rührspatel
- Kolbenhubpipetten (verschiedene Volumina) mit Pipettenspitzen
- Glaspipetten, Epruvetten, Faltenfilter, Trichter, Epruvettenschüttler

4.5.7.4 Reagenzien

- D-Lactat/L-Lactat-Testkit, Boehringer Mannheim, Best.Nr. 1112821
- bidestilliertes Wasser
- 0,1 N NaOH
- pH-Indikatorstäbchen, Merck

4.5.8 Trockensubstanzbestimmung (mod. nach MATISSEK et al. [1992])

4.5.8.1 Prinzip

Die Probe wird vor und nach Trocknung im Trockenschrank bei 105 °C gewogen. Die Differenz entspricht der Menge der verdampften bzw. verdunsteten Bestandteile. Neben dem enthaltenen Wasser werden auch andere flüchtige Bestandteile, u. a. Alkohole und ätherische Öle erfaßt.

4.5.8.2 Durchführung

Eine Wägeschale wurde im Umlufttrockenschrank bei 105 °C getrocknet und danach im Exsikkator abgekühlt. Die Schale wurde gewogen (M1). Danach wurde die Probe in die Schale eingewogen (M2). Die mit der Probe gefüllte Schale wurde drei Stunden lang in den Umlufttrockenschrank gestellt, im Exsikkator abgekühlt (ca. 45 min) und wiederum gewogen (M3). Bei flüssigen Proben wurde zusätzlich Seesand und ein Glasstab vor der Trocknung der Schale hinzugefügt. Mit dem Stab wurde die danach eingewogene Probe gut mit dem Seesand verrührt. Der Glasstab wurde bis zur Auswaage (M3) in der Schale belassen. Bei Mehlen wurde $5 \pm 0,5$ g und bei flüssigen Proben $10 \pm 0,5$ g Probe eingewogen. Die Wägung (M1,2,3) erfolgte mit einer

Genauigkeit von $\pm 0,001$ g . Mit folgender Formel wurde der Trockensubstanzgehalt (TS) in % ermittelt:

$$\text{Trockensubstanz [\%]} = \frac{(M3 - M1) \times 100}{M2}$$

M1 Gewicht Schale [g]

M2 Gewicht Probe [g]

M3 Gewicht Schale und getrocknete Probe [g]

Bei jeder Probe wurden zwei Messungen vorgenommen. Der Mittelwert (auf zwei Dezimalen genau berechnet) stellte das Endresultat dar. Bei zu großem Unterschied zwischen den Doppelbestimmungen (Differenz $> 0,15$ % TS) wurde eine dritte Bestimmung durchgeführt und die abweichende Messung bei der Mittelwertberechnung nicht berücksichtigt.

4.5.8.3 Geräte

- Umlufttrockenschrank HERAEUS Typ „UT 6060“, Hanau, Deutschland
- Waage SARTORIUS Typ „BP 210S“, Göttingen, Deutschland
- Glaswägeschalen mit Deckel, Seesand, Glasstab
- Exsikkator

4.6 Sensorische Methoden

4.6.1 Interne Sensorik

In verschiedenen Versuchsstadien musste eine Vorauswahl bezüglich verschiedener Parameter (Kulturen, Zusätze, u.a.) getroffen werden. Dazu bewerteten zwei bis fünf Prüfpersonen die jeweiligen Produkte. Die Bewertungen wurden nicht statistisch ausgewertet, sondern sollten grobe Informationen darüber liefern, ob der betreffende Rohstoff oder das angewendete Herstellungsverfahren in den darauffolgenden Versuchsplänen noch berücksichtigt werden sollte.

4.6.2 Externe Sensorik – Beliebtheitsprüfung

4.6.2.1 Prinzip

Am Ende jeder Produktentwicklung steht in der Regel ein sensorische Bewertung der/des Produkte/s von einem geschulten Prüfppanel oder von Laien. Dafür gibt es je nach Fragestellung unterschiedliche Methoden. Sehr oft werden jedoch Tests angewendet, bei denen die subjektive Beliebtheit der Produkte erhoben wird. Es kann dabei grundsätzlich zwischen *Präferenz-* und *Akzeptanztests* unterschieden werden. Bei der Bewertung einer *Präferenz* wird ein Produkt mit einem anderen, etwa einem ähnlichen Produkt mit alter Rezeptur, verglichen. Dabei wird lediglich erhoben, bezüglich welcher Merkmale welches Produkt besser ist als das andere. Ein *Akzeptanztest* verwendet sog. *hedonische Skalen*. Gefragt wird nach bestimmten Merkmalen, deren Ausprägungen von positiv bis negativ formuliert sind. Es können beispielsweise ordinale Skalen mit ankreuzbaren Kästchen verwendet werden, von denen die hedonische 9-Punkt-Skala die gebräuchlichste ist. Gebräuchlich ist auch die Verwendung von unskalierten Linien, wobei die Merkmalsausprägung von positiv (Strichanfang) bis negativ (Strichende) reichen kann oder der "positive Punkt" in der Mitte der Linie (sog. "just-right"-scale) liegt. Abb. 20 und 21 zeigen ein Faksimile der beiden erarbeiteten Testblätter. Die Prüfer können dabei auf der hedonischen Skale je nach subjektivem Empfinden bei jedem Merkmal eine Markierung mit der dazugehörigen Probennummer anbringen. Die Lage der Markierungen werden in numerische Werte transformiert, indem die Abstände zwischen Strichanfang und Markierung gemessen werden. Diese Werte können deskriptiv und induktiv ausgewertet werden (FLIEDNER, 1993; LAWLESS und HEYMANN, 1999).

4.7 Statistische Methoden

Spezielle statistische Methoden wurden nur bei der Auswertung der Verkostungstestblätter angewendet. Es wurden zuerst deskriptive Kenngrößen (Mittelwert, Median, Schiefe, Kurtosis, Häufigkeiten) ermittelt und bewertet. In einem zweiten Schritt kamen auch induktive Methoden (statistische Tests) zur Anwendung. Die Beschreibung dieser Methoden macht nur im Zusammenhang mit den analysierten Daten Sinn und findet sich in Kapitel 6.3.5.

4.8 Herstellungverfahren

4.8.1 Rohstoffaufschluss und Stärkeverflüssigung

4.8.1.1 Prinzip

Für die Herstellung einer fermentierbaren Amaranth suspension (im folgenden "Amaranthgetränk") wurde das Verfahren nach ZEILER (2001) modifiziert angewandt. Die wichtigsten Schritte bei diesem Verfahren sind die Heißvermaischung mit hitzestabiler α -Amylase bei 90 °C und die nachfolgende mehrstündige Nachhydrolyse (Verzuckerung) mit Amyloglucosidase oder Malz bei 60 °C. Falls nicht anders angegeben, wurden 1 ml Enzym pro kg Mehl bzw. 10 %mas der Trockensubstanz Malz verwendet. Abb. 1 zeigt das angewendete Verfahren im Flussdiagramm.

4.8.1.2 Durchführung

In den ersten Vorversuchen und in den Hauptversuchen wurde mit den von ZEILER (2001) bei den Hauptversuchen angegebenen Mengen gearbeitet (40 Liter Endprodukt). Für die folgenden Vorversuche und die Zwischenversuche wurden nur geringe Mengen an Amaranthgetränk gebraucht, so daß nur jeweils fünf Liter hergestellt wurden (Kap. 5.2).

Die Keimreduzierung des Amaranthgetränkes wurde auf verschiedene Weise erreicht: Pasteurisation (wenn NACH dem Aufkochen nassvermahlen wurde, Abb. 1, A) oder Abfüllen SOFORT nach dem Aufkochen (Abb. 1, B).

Es wurden je nach Versuchsstadium (Vor-, Zwischen- oder Hauptversuche) leicht modifizierte Verfahren angewendet. Die genaue Durchführung ist in den jeweiligen Kapiteln beschrieben.

4.8.1.3 Geräte

- Pumpen: NETZSCH Mohnopumpen, Waldkraiburg, Deutschland
- Propellerrührer TURBOMISCHER, Turbo Müller, Deutschland
- Mixer Typ „FM/3“, 380 W, Bj. 1995, Fimar SRL, Rimini, Italien
- Tauchkühler ALFA-LAVAL, Typ „MK 303“
- Wasserbad für Rührbehälter: LAUDA Typ „RK 20 KS“, Nr. X31013, Lauda Dr. R. Wobser GmbH&Co KG, Lauda-Königshofen, Deutschland
- Mühle STEPHAN MICROCUT, Einsatz 0,05 mm, A. Stephan&Söhne, Hameln, Deutschland

- Aufschlussbehälter mit kleinem Dampfiring für Reindampfeinleitung
- Nachhydrolysegefäß (mit Isolationsmantelung)
- Rührbehälter mit Plexiglasdeckel
- Edelstahlkübel 10 l mit Deckel
- Grosser Dampfiring zur Reindampfeinleitung
- Mikrowellengerät WHIRLPOOL MT 267, Einstellung 850 W
- Wasserbad für Pasteurisation

4.8.2 Fermentation

4.8.2.1 Prinzip

Das heißvermaischte, keimarme Amaranthgetränk wird in geeigneten Gefäßen mit Starterkulturen inokuliert und bis zu einem gewünschten pH-Wert der Fermentation überlassen. Die im Starter enthaltenen Bakterien bewirken in der Suspension einen Abbau fermentierbarer Zucker zu Milchsäure („fermentiertes Amaranthgetränk“). Durch die Anwendung von Starterkulturen bei relativ keimarmem Amaranthgetränk kann im Gegensatz zur „Spontanfermentation“ von einer „gesteuerten Fermentation“ gesprochen werden.

4.8.2.2 Durchführung

Abb. 1 zeigt das Verfahren im Flussdiagramm. Es wurden je nach Versuchsstadium (Vor-, Zwischen- oder Hauptversuche) leicht modifizierte Verfahren angewendet. Die genaue Durchführung ist in den jeweiligen Kapiteln beschrieben. Die grundlegende Vorgangsweise war jedoch gleich und soll an dieser Stelle kurz beschrieben werden:

Bis zur Inokulation wurden die mit dem Amaranthgetränk gefüllten und mit dem Schraubverschluß verschlossenen Gläser (im folgenden „Fermentationsgläser“) bei 4 °C im Kühlraum gelagert. Danach wurden sie im Wasserbad auf die vorgesehene Fermentationstemperatur gebracht und mit der jeweiligen Impfstärke beimpft. Das Beimpfen wurde folgendermaßen durchgeführt:

Je nach Impfstärke (s. Kap. 4.8.2.3) hätte eine bestimmte Menge Starter in die mit Amaranthgetränk gefüllten Fermentationsgläser überführt werden müssen. Aus praktischen Gründen wurde jedoch folgendermaßen vorgegangen: Die Starterreinkultur wurde in gefrorenem Zustand in kleine Gläser mit Schraubverschluß eingewogen. Bis

zur Verwendung wurden die eingewogenen Gläser (im folgenden „Inokulationsgläser“) wieder bei $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ gelagert. Für die Inokulation wurde eine definierte Menge desselben Amaranthgetränks, welches sich im Fermentationsglas befand, in das Inokulationsglas pipettiert, kräftig geschüttelt und von der resultierenden Mischung wiederum eine definierte Menge in das Fermentationsglas überführt. Danach wurde das Fermentationsglas im Wasserbad (thermophile Kultur) bzw. auf dem Labortisch (mesophile Kultur) der Fermentation überlassen.

Bei der manuellen periodischen pH-Messung wurde das Fermentationsglas mit dem Deckel geschlossen und für die Messung kurz geöffnet. Bei der automatischen periodischen pH-Messung wurde ein Deckel mit zwei gebohrten Löchern, in welche die Elektrode und der Temperaturfühler gesteckt wurden, verwendet. Nach Erreichen des gewünschten pH-Wertes bzw. nach Ablauf der gewünschten Fermentationsdauer wurde das fermentierte Amaranthgetränk bei $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ im Kühlraum gelagert. In den Hauptversuchen wurde vor der Kühllagerung pasteurisiert (s. Abb. 1, B).

4.8.2.3 Impfstärkenberechnung

Am Beispiel der Berechnung für die Zwischenversuche (s. Kap. 5.2.4) sei die Berechnung der Impfstärke beschrieben:

Da die Fermentationsgläser mit 500 ml Amaranthgetränk gefüllt worden waren, hätte bei der gewählten Impfstärke von 0,2 % (0,2 g/100 ml) 1 g Starterreinkultur in das Glas überführt werden müssen. Die unter Punkt 4.8.2.2 beschriebene Vorgangsweise hat zur Folge, daß (1) die in das Inokulationsglas eingewogene Menge an Starter, (2) die Menge der in das Fermentationsglas überführten Startersuspension und (3) das schlussendlich resultierende Volumen an mit Starterkultur vermischtem Amaranthgetränk im Fermentationsglas berechnet bzw. berücksichtigt werden müssen.

Folgende Berechnung diene als Grundlage:

- 500 ml Amaranthgetränk im Fermentationsglas entspricht 1 g Starterkultur
- Einwaage Starterkultur: $2 \pm 0,01\text{ g}$
- Suspendieren mit Amaranthgetränk: 18 ml
- Ergibt: 20 ml Bakteriensuspension
- Überführen in das Fermentationsglas: 10 ml (d.h. 1 g Bakterienkultur absolut)
- Volumenkorrektur: 500 ml Amaranthgetränk + 10 ml Bakteriensuspension

- = 510 ml, d.h. für 0,2 % wird nicht 1g sondern 1,02 g benötigt.
- Einwaage neu: $2,04 \pm 0,01$ g, weitere Vorgehensweise s.o.

Mit dieser Berechnung kann (näherungsweise) eine 0,2 %-ige Impfstärke erreicht werden. Eine genauere Impfstärkenberechnung wurde als nicht notwendig erachtet. Die angegebene Ungenauigkeit von $\pm 0,01$ g ergibt sich aus der Pelletform der verwendeten Kulturen.

4.8.2.4 Massnahmen zur Kontaminationsvermeidung

Beim verwendeten Verfahren zur Herstellung von fermentiertem Amaranthgetränk ist eine unkontrollierte Beeinflussung durch ubiquitär vorkommende Keime auf verschiedenem Wege und während mehrerer Verfahrensschritte möglich:

- Keimgehalt des Amaranthgetränks vor der Inokulation
- Eintrag von Keimen bei der Starterkultureinwaage
- Eintrag von Keimen bei der Inokulation
- Eintrag von Keimen bei der pH-Messung
- Eintrag von Keimen bei der Viskositätsmessung
- Eintrag von Keimen beim Abfüllen des fermentierten Amaranthgetränks

Grundsätzlich wurde aus praktischen Gründen auf ein völlig steriles Arbeiten verzichtet. Die Keimfreimachung durch Sterilisation des abgefüllten Amaranthgetränks wäre im Prinzip möglich gewesen; bei der folgenden Fermentation und vor allem bei den dabei praktizierten Analysen jedoch wäre ein völlig steriles Arbeiten sehr schwierig gewesen. Es wurde so gearbeitet, daß potentielle Keimeintragsmöglichkeiten, wenn schon nicht ganz vermieden, dann zumindest sehr stark eingeschränkt wurden. Folgende Maßnahmen wurden getroffen:

- Keimreduktion des Amaranthgetränks:
Pasteurisation des abgefüllten Amaranthgetränkes (bei Naßvermahlung NACH dem Aufkochen)
Abfüllen des Amaranthgetränks in die Gläser DIREKT nach dem Aufkochen und kurzes Umdrehen der verschlossenen Gläser
(bei Naßvermahlung VOR dem Aufkochen)
- Heißluftsterilisation (130 °C, 3 h) der Arbeitsgeräte für die Kultureinwaage und Inokulation: Inokuliergläser, Löffel zur Kultureinwaage, Pipetten zum Suspendieren der Starter und zum Inokulieren der Fermentationsgläser.

- Abwischen des Arbeitsplatzes mit 70 %vol Ethanol und Händedesinfektion vor der Kultureneinwaage.
- Abwischen der pH-Elektrode und des Temperaturfühlers mit 70 %vol Ethanol vor dem Eintauchen in das Fermentationsglas.
- Kurzes Abflammen der Viskosimeterspindel mit dem Bunsenbrenner vor Eintauchen in das Fermentationsglas.
- Verwendung von sterilen Gläsern (Heißluftsterilisation bei 130 °C, 3 h) beim Abfüllen des fermentierten Amaranthgetränks.

4.8.2.5 Geräte und Chemikalien

- Gläser mit Schraubverschluss:
100 ml ("Inokuliergläser"), 720 ml und 3200 ml ("Fermentationsgläser")
- Schraubverschlüsse mit Löchern und eingebautem Rührer (s. Abb. 4)
- Plastikbecher mit Platinen, Bügeleisen
- Pipetten 10 ml
- Trockenschrank (Heißluftsterilisation)
- Wasserbad
- pH-Meter mit Temperaturfühler (s. Kap. 4.5.4)
- Ethanol 70 %
- destilliertes Wasser

4.8.3 Sprühtrocknen

4.8.3.1 Prinzip

Bei der Sprühtrocknung wird die zu trocknende Flüssigkeit in der Trockenkammer zu einem feinen Nebel zerstäubt. Die in die Trockenkammer eingeleitete Heißluft wandelt die im Gut enthaltene Flüssigkeit in Wasserdampf um. Der Wärmegehalt der Trockenluft wird für die Verdampfung des Wassers ausgenutzt und die Temperatur der Luft fällt dabei ab. Das entstehende Pulver wird zusammen mit der Heißluft aus der Trockenkammer befördert, mittels einem Zyklon von der (feuchten) Heißluft getrennt und fällt in den angeschlossenen Probenbehälter.

Im vorliegenden Fall wurde das Gut mittels Düsenzerstäubung vernebelt. Dabei wird die Flüssigkeit mit einer Pumpe zur Düsenspitze befördert. Dort mündet auch die zugeführte Pressluft. Die Pressluft verursacht Scherkräfte und das Gut wird zu

kleinen Tröpfchen zerkleinert. Dabei gilt: Je stärker der Druck, umso kleiner die Tröpfchengröße.

Die variierbaren Parameter bei der Sprühtrocknung waren:

- T_E Eintrittstemperatur der Heißluft
- T_A Austrittstemperatur der Heißluft (= Temperatur des trockenen Gutes)
- p Druck der Druckluft
- v Geschwindigkeit der Pumpe die das Gut zur Düse befördert
(Menge zu trocknenden Gutes pro Zeiteinheit)

T_E , p und v sind voneinander unabhängig wählbare Parameter, T_A hängt von den ersteren ab. T_A ist immer niedriger als T_E und wird grundsätzlich von der Menge des im Trockenraum verdampftem Wassers bestimmt. Diese Menge wiederum kann verschieden reguliert werden: Bei konstant gehaltener T_E kann T_A durch eine höhere v erniedrigt werden (ANONYMOUS, 1973).

Im Endeffekt sollte im Verlaufe des Trocknungsprozesses ein Produkt entstehen, das eine ausreichend niedrige Restfeuchte hat und dabei jedoch nicht durch eine zu hohe T_A thermisch geschädigt worden ist.

4.8.3.2 Durchführung

Nachdem die Sprühtrocknungsapparatur gemäß Bedienungsanleitung zusammengesetzt und verschlossen worden war, wurde durch Einschalten des Gebläses und der Heizung die Heißluft auf die gewünschte T_E gebracht und die Druckluftzufuhr eingeschaltet. Dann wurde destilliertes Wasser mit der Probenzufuhrpumpe einige Minuten durch die Apparatur gepumpt. Dabei verringerte sich T_A . Hierauf wurde der Probenzufuhrschlauch in den Probenbehälter gesenkt und v reguliert, bis T_A den gewünschten Wert erreicht hatte; Während des Trocknungsvorganges wurde die Suspension mittels Magnetrührer gerührt. Nach Ende der Trocknung wurde einige Minuten mit destilliertem Wasser nachgespült und die Heizung und die Druckluftzufuhr ausgeschaltet. Nachdem T_E 50 °C erreicht hatte wurde auch das Gebläse ausgeschaltet und das Pulver entnommen. Durch das Trockenkammerfenster wurde restliches an der Trockenkammerwand klebendes Pulver heruntergekratzt. Dann wurde die Apparatur wieder zusammengesetzt und kurz das Gebläse betätigt, um auch die Pulverreste in den Pulverbehälter zu befördern.

Sowohl Amaranthgetränk als auch fermentiertes Amaranthgetränk wurden mittels Sprühtrockner getrocknet (s. Zwischen- und Hauptversuche).

4.8.3.3 Geräte

- Sprühtrockner Anhydro Typ "Lab. S1", Bj. 1973, Copenhagen, DK
- Probenzufuhrpumpe Skan AG, Basel, CH
- Magnetrührer Heidolph MR 2002

4.8.4 Homogenisieren

4.8.4.1 Prinzip

Die zu homogenisierende Flüssigkeit wird mit hoher Geschwindigkeit und unter hohem Druck durch kleine Spaltöffnungen gepresst. Dabei treten hohe Scherkräfte auf, die eine Verkleinerung der suspendierten oder emulgierten Teilchen bewirkt. Dadurch wird eine bessere Emulsion bzw. Suspension erreicht.

4.8.4.2 Durchführung

Nach Montage des gewünschten Rührstabeinsatzes und Befestigen des Probenglases mit dem elastischen Gurt wurden 500 ml der Probe eine Minute bei 7000 U/min behandelt. Bei den in der Getränkherstellung für die externe Sensorik benötigten Mengen (2,5 l) wurde für fünf Minuten homogenisiert.

4.8.4.3 Geräte

- Homogenisator ULTRA-TURRAX T50, Fa. Janke&Kunkel, IKA-Labortechnik, Staufen, Deutschland
- Stabmixereinsatz, Homogenisiereinsatz

5 Versuchsdurchführung

5.1 Vorversuche

5.1.1 Zielsetzung

- Es sollte das von ZEILER (2001) beschriebene **Verfahren angewendet** werden und dessen Anwendbarkeit im Hinblick auf die nachfolgende Fermentation **evaluiert** und in weiterer Folge **optimiert** werden.
- Es sollte eine **praktikables Verfahren für die Fermentation** in den Zwischen- und Hauptversuchen gefunden werden (Fermentiergefäße, Messgeräte).
- Es sollten **verschiedene Starterkulturen** auf ihre Fähigkeit untersucht werden, eine ausreichende und schnelle Säuerung zu bewirken sowie eine Vorauswahl für die darauffolgenden Versuche gemacht werden.

5.1.2 *Fermentiertes Amaranthgetränk aus getoastetem Amaranth mit 20 % Trockensubstanz (VT20%amg)*

5.1.2.1 Herstellung Amaranthgetränk

In einem Behälter mit eingebautem Propellerührwerk wurden 10 kg getoastetes Amaranthmehl mit 28 l Wasser und mit 10 ml Termamyl vermischt. Mit einer Pumpe wurden 10 l der Suspension in die Aufschlußanlage mit aufgesetztem Propellerrührer gepumpt. Bei eingeschaltetem Rührer wurde mittels Einleitung von Reindampf die Suspension auf 90 °C erhitzt und nach 15 min Einwirkzeit mit einer Pumpe in das Nachhydrolysegefäß (mit Isolationsmantelung) gepumpt. In vier 10 l-Chargen wurde die ganze Amaranthsuspension heißvermaischt. Im Nachhydrolysegefäß wurde die Suspension mit dem Tauchkühler auf die erforderliche Temperatur von 60 °C gebracht. In die heißvermaischte und gekühlte Suspension wurde 10 ml Amyloglucosidase eingerührt und der Nachhydrolysebehälter wurde mit einem Deckel verschlossen. Die Temperatur wurde jede halbe Stunde kontrolliert. Trotz Isolationsmantelung hatte die Suspension nach drei Stunden nur noch 50 °C. Deshalb wurde der anfangs zur Mischung benutzte Behälter mit eingebautem Rührer an das Wasserbad angeschlossen

und aufgeheizt. Dann wurde die Suspension vom Hydrolysebehälter mit einer Pumpe in den beheizten Behälter gepumpt und verschlossen. Bis zum Ende der Nachhydrolysezeit von sechs Stunden konnte die Suspension auf 55 °C gebracht werden. Nach sechs Stunden wurden die Enzyme durch Erhitzen der Suspension auf knapp unter 100 °C (Einleitung von Reindampf mit grossem Dampfing) inaktiviert. Danach wurde das Hydrolysat mit einer Pumpe zur Mühle befördert und nassvermahlen. Das fertige Amaranthgetränk wurde in 720-ml-Gläser mit Schraubverschluß gefüllt (Füllmenge je 600 ml). Der Rest wurde in einen Plastikkußel gefüllt, verschlossen und bei -30 °C gelagert. Die Gläser wurden im Wasserbad pasteurisiert (90 °C, 10 min Haltezeit) und anschließend bei 4 °C gelagert.

5.1.2.2 *Fermentation Amaranthgetränk* (vgl. Kap. 4.8.2)

Die Gläser mit dem pasteurisierten Amaranthgetränk wurden im Wasserbad auf 42 °C temperiert. Nach Erreichen der Temperatur wurden die mit Starter eingewogenen Inokuliergläser mit je 50 ml Amaranthmilch befüllt. Danach wurden die Fermentationsgläser mit den suspendierten Kulturen beimpft. Die Starterkultureinwaage wurde so gewählt, daß nach Suspension der Kultur im Inokulierglas die gesamte Menge in das Fermentationsglas geschüttet werden konnte. Es wurden acht Fermentationen mit verschiedenen Kulturen bzw. Kulturmischungen und verschiedenen Impfstärken durchgeführt (Tab. 1).

Die Berechnung der Impfstärke geschah folgendermaßen:

- Amaranthgetränk im Fermentationsglas: 600 ml
- Suspension der Kulturen in 50 ml Amaranthgetränk: Gesamtmenge 650 ml
- erforderliche Menge Starter pro Glas: 1,3 g (0,2%) bzw. 2,6 g (0,4%)
- Einwaage:

Reinkultur	1,3 g (0,2%) bzw. 2,6 g (0,4%)
Mischkultur 1:1	0,65g + 0,65g (0,2%) bzw. 1,3g + 1,3g (0,4%)
Mischkultur 1:1:1	0,43g + 0,43g + 0,43g (0,2%)

Um den pH-Verlauf während der Fermentation zu beschreiben, wurde in zeitlichen Abständen mit einem pH-Meter der pH-Wert gemessen. Nach Abschluß der Fermentation wurde das Amaranthgetränk in Joghurtbecher (250 ml) gefüllt, mit Aluminiumdeckel heissversiegelt und bei 4 °C gelagert.

5.1.3 Fermentiertes Amaranthgetränk aus gepopptem Amaranth mit 10 % Trockensubstanz (VP10%amg)

5.1.3.1 Herstellung Amaranthgetränk

Es wurde mit folgenden Ausnahmen gleich wie unter Kap. 5.1.2.1 beschrieben vorgegangen:

5 kg Mehl wurden mit 36 l Wasser und 5 ml Termamyl vermischt. Nach dem Kühlen im Nachhydrolysebehälter wurde die Suspension sofort in den Rührbehälter mit angeschlossenen, vorgeheiztem Wasserbad gepumpt. Nach Zugabe von 5 ml Amyloglucosidase wurde kurz gerührt und der Behälter mit dem Plexiglasdeckel verschlossen. Dadurch konnte eine konstante Temperatur von 60 °C über sechs Stunden gehalten werden. Zur Keimreduktion wurden die abgefüllten Gläser in einem Mikrowellengerät (WHIRLPOOL MT 267, Einstellung 850 W) kurz aufgekocht.

5.1.3.2 Fermentation Amaranthgetränk

Die Fermentation erfolgte wie unter Kap. 5.1.2.2 beschrieben.

5.1.4 Fermentiertes Amaranthgetränk aus getoastetem Amaranth mit 10 % und 25 % Trockensubstanz (VT10%amg und VT25%amg)

5.1.4.1 Herstellung Amaranthgetränk

Es wurde mit folgenden Ausnahmen gleich wie unter Kap. 5.1.2.1 vorgegangen:

In einem ca. 30 l fassenden Edelstahltopf wurden mit einem Mixer (Typ „FM/3“, Fimar SRL, Rimini, Italien) 2 kg (resp. 3 kg) Mehl mit 14 l (resp. 7 l) Wasser und 2 ml (resp. 3 ml) Termamyl verrührt. In je zwei Chargen wurde der Hitzeaufschluß durchgeführt, auf 60 °C gekühlt und die Suspensionen in den beheizten Rührbehälter (Einstellung 60 °C) überführt. Danach wurde das Hydrolysat nassvermahlen, in Gläser gefüllt (Füllmenge 500 ml, je 10 Gläser Amaranthgetränk 10 % und 25 %) und im Wasserbad pasteurisiert (90 °C, 10 min Haltezeit).

5.1.4.2 Fermentation Amaranthgetränk (vgl. Kap. 4.8.2)

$4,08 \pm 0,02$ g der jeweiligen Starterkultur (Tab. 4) wurden in sterile Inokuliergläser (je 4 Inokuliergläser für 10- und 25-%iges Amaranthgetränk) eingewogen. Die Gläser mit dem pasteurisierten Amaranthgetränk wurden im

Wasserbad auf 42 °C temperiert. Nach Erreichen der Temperatur wurden die mit Starter eingewogenen Inokuliergläser mit 36 ml Amaranthgetränk gefüllt. Je nach Impfstärke (0,2 resp. 0,4 %) wurden 10 resp. 20 ml dieser Bakteriensuspension in die Fermentationsgläser pipettiert. Die Fermentationsgläser wurden gut geschüttelt, in das Wasserbad zurückgestellt und der Fermentation überlassen. Insgesamt wurden also für das 10- und 25-%ige Amaranthgetränk je 8 Fermentationen durchgeführt.

Um den pH-Verlauf während der Fermentation zu beschreiben, wurde in zeitlichen Abständen mit einem pH-Meter der pH-Wert gemessen. Nach Abschluß der Fermentation wurde das Amaranthgetränk in Joghurtbecher (250 ml) gefüllt, mit Aluminiumdeckel heissversiegelt und bei 4 °C gelagert.

5.2 Zwischenversuche

5.2.1 Zielsetzung

Durch die Vorversuche wurde eine praktikable Vorgangsweise für die Amaranthgetränkherstellung erarbeitet, die für alle Zwischenversuche gleich angewandt wurde. Auch die Fermentation in 720-ml-Gläsern mit automatischer pH-Messung sollte in den Zwischenversuchen zur Anwendung kommen. Es sollte jetzt untersucht werden:

- Welche **Zucker** (Glucose, Maltose, Saccharose) enthalten die Amaranthgetränke und können von den Kulturen in welchem Ausmaß als Substrat genutzt werden?
- Gibt es eine meßbare **Viskositätsänderung** durch die Fermentation?
- Gibt es meßbare **Unterschiede im Säuerungsverlauf** und in der **Säuerungsgeschwindigkeit**?

Folgende Parameter wurden variiert (vgl. Abkürzungsverzeichnis):

- Trockensubstanz: Amaranth roh 20 %
 Amaranth gepoppt 15/20/25 %
 Amaranth getoastet 15/20/25 %
- Nachhydrolyse: Amyloglucosidase
 Malz
- Starterkulturen: YC 183 Joghurtkultur
 MSK-Mix DV 1-67
 ABT-21
 probat-505 (ZT20% und ZP15%)

Insgesamt ergab das 46 Fermentationsversuche. Zusätzlich sollten die im Überschuß hergestellten, nicht fermentierten Amaranthgetränkproben mittels Sprühtrockner getrocknet werden, um die Praktikabilität der Trocknung sowie die Löslichkeit der Produkte qualitativ beurteilen zu können.

5.2.2 Herstellung Amaranthgetränk

Mehl, Wasser und Termamyl wurden mit dem Mixer verrührt und 15 min bei 90 °C heißvermaischt (Rezepturen Tab. 7-13). Bezüglich der gewünschten Trockensubstanzen der Amaranthgetränke stellten die gemessenen Trockensubstanzen

der verwendeten Mehle (roh: 91,87 %, getoastet: 93,20 %, gepoppt: 95,34 %) die Grundlage der Rezepturen dar. Die aufgeschlossenen Suspensionen wurden jeweils in zwei gleich große Teile geteilt und in je einen Edelstahlkübel mit Deckel überführt. Jede der sieben gewählten Kombinationen Rohstoff/Trockensubstanz (vgl. Abkürzungsverzeichnis) ergab somit zwei Kübel mit je fünf Liter Suspension. Die Kübel mit den Suspensionen wurden in den mit kaltem Wasser gefüllten Rührbehälter gestellt und auf 60 °C abgekühlt (d.h. Verwendung des Rührbehälters zum Abkühlen). Nach Zugabe von Malz resp. Amyloglucosidase und gutem Durchmischen wurde das Kühlwasser abgelassen, heisses Wasser in den Rührbehälter gefüllt und das vorgeheizte Wasserbad angeschlossen (d.h. Verwendung des Rührbehälters zum Warmhalten). Nach sechs Stunden Nachhydrolyse bei 60 °C wurden die Kübel wieder aus dem Rührbehälter entfernt, die Suspensionen einmal nassvermahlen, danach in einem Topf auf der vorgeheizten Kochplatte zweimal kurz aufgekocht und sofort mit einem Schöpflöffel in die Fermentationsgläser gefüllt (500 ml Füllmenge). Die Gläser wurden gut verschlossen, kurz umgedreht und 3-4 Tage bei 4 °C bis zur Fermentation gelagert.

Beim Anrühren mit kaltem Wasser bildete sich durch die in gepopptem Amaranth verkleistert vorliegende Stärke eine hochviskose Suspension, die im Aufschlußgerät nicht mehr gerührt werden konnte. Daher wurde das 20- und 25 %ige Getränk aus gepopptem Amaranth (ZP20% und ZP25%) folgendermaßen hergestellt:

Nach dem Überführen der gemäß Rezeptur abgemessenen Wassermenge und der hitzestabilen Amylase in das Aufschlußgerät wurde bei mässiger Reindampfeinleitung und eingeschaltetem Rührer die entsprechende Menge Mehl eingerührt, und zwar immer soviel, daß die Suspension gerade noch rührbar war. Mit steigender Temperatur wurde die Masse wieder niedrigviskos und es konnte wie oben beschrieben fortgefahren werden.

5.2.3 *Sprühtrocknen Amaranthgetränk*

Getrocknet wurden die Proben ZP20%amg, ZP20%malz, ZP25%amg und ZP25%malz. Es wurden verschiedene Geräteeinstellungen ausprobiert (Tab. 15). Von den getrockneten Produkten wurde die Trockensubstanz bestimmt und qualitativ ihre Löslichkeit untersucht.

5.2.4 Fermentation Amaranthgetränk

Das folgende Prozedere kam bei jedem Fermentationsglas zur Anwendung:

Das Fermentationsglas wurde im Wasserbad auf 42 °C temperiert. Nach Zugabe von 18 ml Amaranthgetränk zu der im Inokulierglas eingewogenen Starterkultur wurde gut geschüttelt und 10 ml dieser Bakteriensuspension in das Fermentationsglas pipettiert. Der Deckel wurde wieder aufgeschraubt und die Probe gut geschüttelt. Nach Öffnen des Glases wurde sofort die Viskositätsmessung (Spindel 1, Geschwindigkeitsstufen 10 und 20 U/min) durchgeführt. Danach wurde der mit zwei Löchern versehene Deckel aufgeschraubt, die pH-Elektrode und der Temperaturfühler angebracht und im Wasserbad die Fermentation durchgeführt (Abb. 2). Die pH-Werte wurden automatisch periodisch gemessen. Nach Erreichen des pH-Wertes von 4,6 wurde die pH-Elektrode samt dem Deckel mit den zwei Löchern entfernt, der anfangs verwendete Deckel aufgeschraubt und gut geschüttelt. Dann wurde sofort die zweite Viskositätsmessung mit den gleichen Geräteeinstellungen wie vor der Fermentation durchgeführt und die Probe in ein 100 ml-Glas mit Schraubverschluss zur Lagerung bei 4 °C und in einen Probenbecher zur Analyse (Lagerung bei -30 °C) gefüllt.

5.2.5 Analysen

Bei den Chargen ZR20%malz, ZT20%malz und ZP20%malz sowie den daraus hergestellten fermentierten Proben wurde der Maltose-, Saccharose- und Glucosegehalt enzymatisch gemessen. Bei den Chargen ZR20%amg, ZT20%amg und ZP20%amg sowie den daraus hergestellten fermentierten Produkten wurde eine enzymatische Glucosemessung durchgeführt. Die Viskosität wurde bei allen Fermentationsproben kurz nach der Inokulation und nach Erreichen des gewünschten pH-Wertes gemessen. Der pH-Wert wurde während der Fermentation automatisch periodisch gemessen. Die Nachsäuerung (pH-Wert nach 7 und 14 Tagen Lagerung bei 4°C) wurde manuell gemessen. Von den hergestellten Amaranthgetränken wurde der Trockensubstanzgehalt bestimmt.

5.2.6 Interne Sensorik

Alle Fermentationsproben wurden intern im Hinblick auf grundlegende Merkmale (Säure, Süsse, Geschmack, Aroma) sensorisch evaluiert.

5.3 Hauptversuche

5.3.1 Zielsetzung

- Es sollten jeweils **50 l Amaranthgetränk** aus gepopptem Amaranth mit **Malz-** bzw. **Amyloglucosidasehydrolyse** produziert werden.
- Die Fermentation sollte mit der Kultur **ABT-21** in **3200 ml Gläsern** mit Schraubverschluss und eingebautem Rührer erfolgen.
- Bei beiden Getränken (Malz resp. Amyloglucosidase) sollten je drei Fermentationen mit **unterschiedlichem End-pH-Wert** erfolgen. Bei diesen sechs Fermentationschargen sollten analysiert werden: Säuerungsverlauf, Säuregrad, D/L-Milchsäuregehalt, Viskosität, Trockensubstanz, Sedimentation, Farbe. Die Fermentationsprodukte sollten mit dem **Sprühtrockner** getrocknet werden. Bei den resultierenden Pulvern sollten Trockensubstanz sowie, nach Resuspension, pH-Wert und quantitative Löslichkeit durch Sedimentation untersucht werden.
- Alle sechs Fermentationen wurden doppelt durchgeführt: Die zweite Charge sollte jeweils für **interne, sensorische Tests (Zusätze)** benutzt werden.
- Die Ergebnisse der sensorischen Tests sollten Aufschluss darüber geben, welche dieser Produkte für die **externe Sensorik** geeignet sind.

5.3.2 Herstellung Amaranthgetränk

Mit folgenden Ausnahmen erfolgte die Herstellung wie unter Kap. 5.1.2.1 beschrieben: Die Nassvermahlung wurde wie in den Zwischenversuchen der Kochphase vorgeschaltet (s. Abb. 1, B) und dreimal durchgeführt. Für Hamg wurden 11 kg Mehl und 39 l Wasser sowie jeweils 10 ml Termamyl und Amyloglucosidase verwendet, für Hmalz wurden 10,7 kg Mehl und 39,2 l Wasser sowie 10 ml Termamyl und 1 kg Malz verwendet. Das Getränk wurde jeweils in sechs 3000 ml Gläser gefüllt und bis zur Fermentation bei 4 °C gelagert. Das restliche Amaranthgetränk wurde in Plastikkübel gefüllt und bei -30 °C gelagert.

5.3.3 Fermentation Amaranthgetränk

Die Inokulation (0,2 % Impfstärke) und Fermentation erfolgte im Prinzip wie in den Zwischenversuchen. Es wurden diesmal jedoch 3000 ml Gläser und Deckel mit

eingebautem Mischer verwendet (Abb. 4). Der Vorteil lag darin, dass (1) bei der Temperierung, (2) bei der Inokulation, (3) während der Fermentation und (4) beim Pasteurisieren die Suspension gut durchmischt werden konnte. Pro Amaranthgetränk (Malz resp. Amyloglucosidase) wurden je zwei Fermentationen bis zu pH 4,5, 4,1 und 3,9 durchgeführt. Das ergab insgesamt zwölf Fermentationen. Die für die Analysen und die Sprühtrocknung bestimmten fermentierten Amaranthgetränke wurden nach Erreichen des gewünschten pH-Wertes im Wasserbad pasteurisiert (90 °C, 10 Minuten Haltezeit) und bis zur weiteren Verwendung bei 4 °C gelagert. Die für die Sensorik bestimmten Amaranthgetränke wurden in 720 ml Gläser gefüllt, im Wasserbad pasteurisiert und ebenfalls bei 4 °C gelagert. Durch die Pasteurisation sollte im Gegensatz zu den Zwischenversuchen eine Nachsäuerung vermieden werden, um für die nachfolgenden analytischen und sensorischen Untersuchungen konstante pH-Werte zu gewährleisten.

5.3.4 Sprühtrocknung

Die Sprühtrocknung erfolgte mit den in den Zwischenversuchen ermittelten optimalen Einstellungen (3 bar / v 0,5-1 / 3 kW / T_E 170-180 °C / T_A 65-75 °C). Es wurden jeweils 2,5 l fermentiertes Amaranthgetränk getrocknet. Die resultierenden Pulver wurden in Gläser mit Schraubverschluss bei Raumtemperatur bis zu den Analysen gelagert.

5.3.5 Interne Sensorik

Um eine Auswahl in Frage kommender Zusätze oder Aromen zu treffen, aber auch um den sensorischen Effekt unterschiedlicher pH-Werte zu analysieren, wurden verschiedenste fermentierte Amaranthgetränke mit Zusätzen hergestellt. Dazu wurde mit dem Homogenisator (Ultra-Turrax) das fermentierte Amaranthgetränk mit den Zusätzen vermixt (Mixereinsatz) und anschliessend homogenisiert (Homogenisiereinsatz). Bei je drei verschiedenen pH-Werten für Hamg und Hmalz und 10 Rezepturen ergab das insgesamt sechs Proben ohne sowie 60 Proben mit Zusätzen. Über die Rezepturen informiert Tab. 18. In einer internen Verkostung mit einigen Prüfpersonen wurden diese Mischgetränke bewertet.

5.3.6 Externe Sensorik

Es wurden fünf verschiedene fermentierte Amaranthgetränke einer hedonischen Beliebtheitsprüfung unterzogen. Zwei davon wurden pur verkostet und

entsprachen Hmalz4,5 und Hamg4,5 (Abb. 20), drei Proben entsprachen Hamg4,5 mit Zusätzen (Abb. 21). Für die Fermentation der Proben der externen Sensorik wurden die bei den Hauptversuchen tiefgefrorenen Amaranthgetränke verwendet. Die Fermentation Hmalz4,5 wurde einfach, die Fermentation Hamg4,5 wurde viermal wiederholt, um eine ausreichende Menge bei der Verkostung zur Verfügung zu haben. Die drei zu prüfenden Mischgetränke (Mandel-, Banane- und Kakaozusatz) wurden mit einer Ausgangsmenge von je 2,5 l fermentiertem Amaranthgetränk hergestellt. Die Mischungen entsprachen im Verhältnis den in Tab. 18 angegebenen Rezepturen 2, 6 und 9. Nach dem Vermixen und Homogenisieren wurden die Proben bei 4 °C gelagert.

Die Verkostung fand in Gruppen zu je 3 bis 6 Personen statt. Davor wurden die Getränke nochmals kurz homogenisiert und pro Getränk 50 ml in ein 125-ml Glas gefüllt. Nach einer Temperierzeit von 30 Minuten bei Raumtemperatur wurden die fünf Proben mit dreistelligen Zufallszahlencodes markiert, den Prüfpersonen gereicht und diesen kurz die Prüfmethode erklärt (Abb. 22). Es wurde darauf hingewiesen, dass zuerst die reinen Proben mit dem ersten Testblatt und dann die drei aromatisierten Proben mit dem zweiten Testblatt beurteilt werden sollten und pro Blatt die Reihenfolge der Merkmalsbewertung, nämlich (1) Aussehen, (2) Geruch, (3) Geschmacksmerkmale und (4) der Gesamteindruck unbedingt eingehalten werden sollten. 40 Personen nahmen an der Verkostung teil.

Die ausgefüllten Testblätter wurden ausgemessen: Pro Testblatt, Merkmal und Probe ergab das einen Wert zwischen 0 (Markierung direkt auf der vertikalen Linksbegrenzung) und 10 (Markierung direkt auf der vertikalen Rechtsbegrenzung). Die Werte wurden in ein EXCEL[®]-sheet eingegeben und dann in das Statistikprogramm SPSS[®] (Version 7.0) und STATGRAPHICS[®] (Version 4.0) importiert. Dort wurden sowohl deskriptive als auch induktive statistische Verfahren angewendet.

5.3.7 Analysen

Während allen Fermentationen wurde der Säuerungsverlauf automatisch gemessen und gespeichert. Sowohl von den nicht fermentierten als auch den fermentierten Proben wurden Phasenbildung (Sedimentation nach Zentrifugation), Viskosität, Trockensubstanz, Farbe und Säuregrad bestimmt. Bei den fermentierten Proben wurde der Gehalt an D/L-Milchsäure bestimmt. Die sprühgetrockneten Proben wurden auf Farbe und Trockensubstanz untersucht. Nach Resuspension auf die

Ausgangstrockensubstanz (Zugabe von destilliertem Wasser und Rühren mittels Magnetrührer) wurde auf eine eventuelle Phasentrennung untersucht und der pH-Wert gemessen. Die bei der externen Sensorik verwendeten Mischgetränke wurden hinsichtlich Trockensubstanz, Viskosität und pH-Wert analysiert.

6 Versuchsergebnisse und Diskussion

6.1 Vorversuche

6.1.1 Amaranthgetränkherstellung

Das bei ZEILER (2001) beschriebene Verfahren konnte problemlos angewendet werden. Einige Veränderungen wurden vorgenommen:

Die chargenweise (nicht kontinuierlich) Heißvermaischung konnte gut durchgeführt werden. Vor allem im Hinblick auf die Zwischenversuche, bei denen sehr wenig Amaranthgetränk notwendig war, erwies sich diese Modifikation als vorteilhaft. Die Naßvermahlung mit der Mühle STEPHAN MICRO CUT war sehr praktisch.

Die Enzyminaktivierung mit Reindampf war nur bei größeren Mengen von Vorteil. Bei den für die Zwischenversuche verwendeten kleinen Mengen reicht ein Aufkochen mit der Herdplatte völlig aus. Das Pasteurisieren mit dem Mikrowellengerät oder mit dem Wasserbad erwies sich als völlig ungeeignet. In den Zwischenversuchen sollte daher die Naßvermahlung der Kochphase vorgeschaltet werden. Bei sofortigem Abfüllen in die Fermentationsgläser sollte die dabei erfolgende Keimreduzierung ausreichen.

6.1.2 Amaranthgetränkfermentation

6.1.2.1 Verfahren

Die Verwendung von 720-ml-Gläsern mit Schraubverschluß als Fermentationsglas erwies sich als gut durchführbar. Bei nur in geringen Mengen benötigten Proben für die Analysen und die sensorische Bewertung ist diese Methode für weitere Untersuchungen gut geeignet.

Die in den ersten Vorversuchen angewandte Inokulationsmethode (Verwenden der ganzen Bakteriensuspension zur Inokulation, Kap. 5.1.2.2) war wegen der schwierigen Einwaage der Starterkulturen nicht ideal. Die danach praktizierte Methode (Suspendieren der Bakterien im Inokulationsglas und Verwendung nur eines Teiles dieser Suspension zur Inokulation) war im Hinblick auf eine genaue Impfstärke leichter handzuhaben.

Die periodische manuelle pH-Messung konnte ohne Probleme durchgeführt werden. Aus praktischen Gründen und zur Vermeidung von Keimeintrag wurde aber für die folgenden Zwischenversuche die kontinuierliche pH-Messung angewandt.

Das Abfüllen des fermentierten Amaranthgetränkes in Becher mit anschließender Heissversiegelung erwies sich als unpraktisch. In den folgenden Zwischenversuchen kamen deshalb 100 ml Gläser mit Schraubverschluß zum Einsatz.

6.1.2.2 Ergebnisse (Tab. 2, 3, 5 und 6)

VT20%amg und VP10%amg

Die Säuerungsgeschwindigkeit in den beiden Medien war bei den gleichen Starterkulturen unterschiedlich. Der Vergleich der pH-Werte nach 4 h Fermentationszeit ergab bei allen Kulturen außer Kultur 7 (Tab. 2) bei VP10%amg eine langsamere Säuerung. Insgesamt erwies sich die Joghurtkultur (Kultur 1 und 2) bzw. die Thermophiluskultur (5 und 6) als die am schnellsten fermentierende Mehrstamm- bzw. Einstammkultur. Nur die Kulturen 1 und 2 erreichten nach etwa 6 h einen pH-Wert von $4,6 \pm 0,1$. Wie erwartet war bei der höheren Impfstärke derselben Kultur die Säuerungsgeschwindigkeit immer höher.

VT10%amg und VT25%amg

Auch hier war die Säuerungsgeschwindigkeit unterschiedlich. Der Vergleich der pH-Werte nach 3 h Fermentation ergab, daß bei allen Kulturen die Suspension mit der niedrigeren Trockensubstanz (VT10%amg) schneller gesäuert wurde. Die Kultur ABT 21 erwies sich immer als die am schnellsten, MSK-Mix als die am langsamsten säuernde Kultur. Der pH-Wert von 4,6 wurde bei VT10%amg spätestens nach 3,5 h, bei VT25%amg spätestens nach 5,5 h erreicht. Auch hier bewirkte eine höhere Impfstärke immer eine schnellere Säuerung. Da bei der pH-Messung immer kurz mit der Elektrode umgerührt wurde, konnten subjektiv auch unterschiedliche Viskositätsveränderungen beobachtet werden: Die Starterkultur MSK-Mix schien dabei die Viskosität zu erhöhen. Da dieser Effekt im Sinne der Fragestellung erwünscht war, wurde diese Kultur in den Zwischenversuchen weiterverwendet. ABT 21 wurde aufgrund der schnellen Säuerungsgeschwindigkeit und der enthaltenen probiotischen Bakterien ebenfalls für die Zwischenversuche ausgewählt. Auch YC 183 sollte, als klassische Joghurtkulturkombination, weiter verwendet werden.

6.2 *Zwischenversuche*

6.2.1 *Amaranthgetränkherstellung*

Die ausgehend von den Vorversuchen durchgeführte Verfahrensmodifikation und die Herstellung von nur 10 l Amaranthgetränk (je 5 l Malz- und Amyloglucosidasehydrolysat) pro Versuchsansatz erwiesen sich als gut durchführbar. Die Vorschaltung der Nassvermahlung vor dem Abkochen erwies sich als viel praktischer als eine nachträgliche Pasteurisation. Tab. 813 zeigen die tatsächlichen, gemessenen Trockensubstanzgehalte für die jeweilige Charge in %.

6.2.2 *Amaranthgetränketrocknung (Tab. 15)*

Die zuerst durchgeführte Trocknung der Probe ZP20%amg zeigte mit den verwendeten Einstellungen kein befriedigendes Resultat. Durch die zu hoch gewählte Heizungseinstellung und der daraus resultierenden hohen T_E und T_A karamalisierte die zu etwa 8 % vorliegende Glucose. Der gewählte Pressdruck von 1 bar war zu niedrig, sodass das Gut nur ungenügend vernebelt wurde. Dadurch war zu wenig Fläche für den Wärmeaustausch vorhanden und ein Teil des Gutes blieb schliesslich im feuchten Zustand an der Oberseite der Trockenraumwandung kleben. Die folgenden Trocknungsversuche (ZP20%malz, ZP25%amg und ZP25%malz) wurden daher mit entsprechend veränderten Einstellungen durchgeführt. Die Proben mit 25 % Trockensubstanz verstopften zu Beginn der Trocknung aufgrund ihrer höheren Viskosität die Düse. Deshalb wurden sie mit Leitungswasser auf etwa 20 % Trockensubstanz verdünnt. Durch diese Massnahmen konnten die Getränke ohne Probleme und ohne Zusatz von Trocknungshilfsstoffen getrocknet werden.

Die Trockensubstanzgehalte der getrockneten Proben lagen ausser bei Pulver ZP20%amg (94,20 %) immer über 96 % (96,50–96,81 %). Beim Vermischen der Pulver mit Wasser und leichtem Schütteln konnte eine gute und schnelle Resuspension beobachtet werden. Quantitativ (mittels Sedimentationstest) wurde diese Resuspensionseigenschaft jedoch nicht untersucht.

6.2.3 *Amaranthgetränkfermentation*

Tab. 7-13 zeigen die gemessenen pH-Werte, Temperaturen und die bei Nachsäuerung bei 4 °C erreichten pH-Werte der fermentierten Amaranthgetränke in Abhängigkeit von der Fermentationszeit.

6.2.3.1 *Säuerungsgeschwindigkeit im thermo- resp. mesophilen Bereich*

Die benötigte Zeit für das Erreichen von pH 4,6 reichte von 3,6 h (ZT25%malz mit ABT 21) bis 13,92 h (ZP15%amg mit Probat 505). Das heisst, eine Säuerung der hergestellten Amaranthgetränke konnte meist in relativ kurzer Zeit erreicht werden.

Die Kulturen zeigten bei **gleichem Fermentationsmedium** (TS, Rohstoff, Nachhydrolyseenzym) unterschiedliche Säuerungsgeschwindigkeiten: ABT-21 erwies sich fast immer als die am schnellsten säuernde Kultur (Ausnahme ZR20%malz). Der pH-Wert 4,6 wurde meist in maximal sechs Stunden erreicht. YC 183 und Probat 505 erwiesen sich hingegen als eher langsam säuernde Kulturen.

Die jeweiligen Kulturen zeigten aber auch Unterschiede bei den **verschiedenen Amaranthgetränken**: YC 183 säuerte bei den mit Malz hydrolysierten Proben meist um vier bis sechs Stunden schneller als bei Verwendung von Amyloglucosidase (Ausnahme ZP15%). Das umgekehrte Prinzip konnte, zumindest als Trend, bei den anderen drei Kulturen beobachtet werden. Beim Vergleich der verschiedenen Trockensubstanzen und Rohstoffe konnte kein Trend beobachtet werden.

6.2.3.2 *Nachsäuerung im psychrophilen Bereich*

Durch die Lagerung für 7 und 14 Tage bei 4 °C wurden pH-Werte zwischen 4,03 (ZP20%malz bei MSK-Mix) und 4,54 (ZR20%malz bei YC 183) erreicht.

Die Nachsäuerungsaktivität der Kulturen bei **gleichem Fermentationsmedium** nahm dabei in der Reihenfolge YC 183, ABT-21, MSK-Mix und Probat 505 zu (Ausnahme ZP15%malz).

Bei gleicher Kultur und **verschiedenem Medium** konnten Unterschiede beobachtet werden. Im Gegensatz zur thermophilen Fermentation bei 42 °C säuerte YC 183 die mit Amyloglucosidase nachhydrolysierten Getränke schneller als die mit Malz produzierten. Bei den drei anderen Kulturen konnte kein solcher Trend beobachtet werden.

6.2.3.3 Säuerungsverlauf

Abb. 5-18 zeigen die pH-Änderungen in Abhängigkeit von der Zeit als Kurvendiagramme. Es zeigte sich, dass in den ersten drei Stunden bei allen thermophilen Kulturen und allen Fermentationsmedien eine relativ schnelle Säuerung stattfand. In weiterer Folge werden die Säuerungskurven bei allen Kulturen und Medien ausser bei den mit Malz hydrolysierten und mit YC 183 inokulierten Proben meistens flacher, d.h. eine definierte pH-Erniedrigung war nur in immer längeren Zeitabständen möglich. Die Kultur YC 183 in Kombination mit Malz hingegen zeigte nach etwa drei Stunden Fermentationsdauer meist eine sprunghafte Abnahme, in weiterer Folge jedoch wieder eine Zunahme der Säuerungsgeschwindigkeit. Eine Extrapolation der Kurven in den pH-Bereich unter 4,6 ist nicht zulässig, allerdings lässt sich für YC 183 ein relativ starkes Säuerungsvermögen in diesem Bereich vermuten.

6.2.4 Zuckergehalt vor und nach der Fermentation

Tab. 14 zeigt den Gehalt an Maltose, Saccharose und Glucose bei den mit Malz hydrolysierten bzw. an Glucose bei den mit Amyloglucosidase hydrolysierten Proben mit 20 % Trockensubstanz vor und nach der Fermentation.

Saccharose, deren Konzentration in den unfermentierten Getränken zwischen 0,2 und 0,3 % betrug, wurde von allen Kulturen ausser Probat 505 zum Grossteil verwertet. Der **Maltosegehalt** vor der Fermentation lag zwischen 8,2 und 9,8 %. Interessanterweise war nach der Fermentation der Maltosegehalt bei allen Fermentationen (ausser bei gepopptem Amaranth als Rohstoff mit den Kulturen ABT-21 und MSK-Mix) gleich hoch oder höher, nämlich zwischen 8,2 und 10,3 %. Der Grund dafür könnte in einer bei den betreffenden Fermentationsmedien nicht ausreichend vorgenommenen Enzyminaktivierung in der Kochphase liegen. Der **Glucosegehalt** sank von 1,5 % (Amaranthvollmehl roh), 0,7 % (Amaranthmehl getoastet) und 0,9 % (Amaranth gepoppt) auf 1,1–1,2, 0,2–0,5 resp. 0,5–0,7 %.

Der **Glucosegehalt** bei den mit **Amyloglucosidase** hydrolysierten Proben lag bei 8,7 % (Amaranthvollmehl roh), 7,0 % (Amaranthmehl getoastet) und 8,3 % (Amaranth gepoppt), nach der Fermentation bei 8,3–8,5, 6,4–6,5 resp. 8,1–8,3 %.

Diese Daten zeigen, dass die verwendeten thermophilen Kulturen primär Saccharose und Glucose verwerten. Maltose konnte mit den vorliegenden Ergebnissen nicht eindeutig als quantitativ wichtiges Energiesubstrat identifiziert werden.

6.2.5 Viskosität

Tab. 16 zeigt die gemessenen Viskositätswerte vor und nach der Fermentation und die daraus gebildeten Differenzen. Die dimensionslosen Werte stellen zwar nicht die absolute scheinbare Viskosität dar, zeigen jedoch eine eventuelle Viskositätsveränderung an.

Es konnten sowohl Viskositätszunahmen als auch -abnahmen beobachtet werden, wobei erstere öfter auftraten. Bei den meisten Proben ergab sich jedoch kein grosser Viskositätsunterschied. Tendenziell zeigte die Kultur YC 183 im Vergleich zu den anderen Kulturen bei gleichem Medium die höchste Viskositätszunahme.

Unmittelbar nach Ende der Fermentation bzw. kurz vor der zweiten Viskositätsmessung wurde jede Probe mit der pH-Elektrode kurz umgerührt und diese dann langsam aus der Suspension gezogen, um "ropiness" (Fadenbildung, Klebrigkeit) durch bakterielle **Exopolysaccharide** qualitativ festzustellen. Die Kultur YC 183 entwickelte bei den höheren Trockensubstanzen und bei Malzhydrolyse starkes "ropiness". Diese Proben zeigten auch tendenziell eine relativ hohe Viskositätszunahme. Das kann dahingehend interpretiert werden, dass in Amaranthgetränk vor allem Exopolysaccharide für die Viskositätszunahme verantwortlich sind, und nicht die Fällung von löslichen Proteinen wie beispielsweise in gesäuerten Milchprodukten. Dies scheint auch deshalb logisch, weil im Amaranthgetränk die Proteinfraction nur zu einem geringen Teil gelöst vorliegt (ZEILER, 2001) und deshalb eine Fällung keinen grossen Einfluss haben kann. Die mit Amyloglucosidase hydrolysierten Getränke waren immer weniger viskos als die mit Malz hydrolysierten. Das lag wahrscheinlich an der höheren Trockenmasse der Malzhydrolysate. Somit scheint der Trockenmassegehalt der viel entscheidendere Faktor für die Viskosität zu sein als eine Säuerung.

6.2.6 Interne Sensorik

Die aus gepopptem Amaranth hergestellten fermentierten Amaranthgetränke wurden im Vergleich zu denen aus getoastetem und rohem Amaranth mit Abstand besser bewertet. Dieser Rohstoff wurde deshalb auch in den Hauptversuchen weiterverwendet.

Die thermophilen Kulturen zeigten in der Bewertung keine so grossen Unterschiede untereinander. Die milde, leicht zitronenartige Säure der mit ABT-21 fermentierten Proben erwies sich aber als die angenehmste. Diese Kultur wurde in den

Hauptversuchen weiterverwendet. Die mesophile Sauermilchkultur Probat 505 bewirkte neben einer sehr langen Fermentationsdauer die Bildung eines unangenehmen, an modrigen Keller und Sauerkraut erinnernden Aroma, weshalb diese Kultur nur in den ersten Zwischenversuchen eingesetzt wurde und in den Hauptversuchen nicht mehr berücksichtigt wurde.

Grundsätzlich erwies sich die Kombination "Amaranthgeruch, -geschmack" und "Säure" per se als sehr eigenartig und gewöhnungsbedürftig. Deshalb sollten in den Hauptversuchen auch aromatisierte Getränke hergestellt werden. Das sandige Mundgefühl durch die enthaltenen Faserstoffe war ebenfalls unangenehm, weshalb die Nassvermahlung in den Hauptversuchen mehrfach durchgeführt werden sollte.

6.3 Hauptversuche

6.3.1 Fermentation Amaranthgetränk

Die Fermentation in Gläsern mit eingebautem Mischer stellte eine wesentliche Vereinfachung dar. Vor allem die Pasteurisation konnte durch das ständige Rühren sehr schnell durchgeführt werden. Tab. 17 resp. Abb. 19 zeigen die gemessenen pH-Werte und Temperaturen von Hamg3,9 und Hmalz3,9 in Abhängigkeit von der Fermentationszeit. Die Fermentationen bis pH 4,5 resp. 4,1 wurden nicht dokumentiert, zeigten aber bis zum jeweiligen pH-Wert den gleichen Verlauf. Die für die Hauptversuche ausgewählte Kultur ABT-21 bewirkte bis zu einem pH-Wert von 4,5 wie erwartet eine sehr schnelle Säuerung. Im darunterliegenden pH-Bereich jedoch erfolgte vor allem bei Hamg anders als erwartet eine sehr langsame Säuerung, weshalb ABT-21 für dieses Ziel nicht gut geeignet ist.

6.3.2 Analysen Amaranthgetränke

6.3.2.1 Amaranthgetränke ohne Zusätze

Die Viskosität der Produkte lag zwischen 0,070 und 0,168 N.s.m⁻² (Tab. 19). Bei Hmalz war die Viskosität geringfügig höher, sowohl nicht fermentiert als auch fermentiert. Die Fermentation bewirkte nur geringe Viskositätsänderungen. Es konnte kein Trend in Richtung Viskositätserhöhung resp. -erniedrigung durch Säuerung beobachtet werden. Zum Vergleich mit bekannten Lebensmitteln wurde die Viskosität von Milch, Buttermilch und Joghurt mit derselben Methode bestimmt. Die fermentierten Milchprodukte hatten eine Viskosität von 0,900 bis 7,300 N.s.m⁻², Milch von 0,008 N.s.m⁻². Diese Werte zeigen, dass die Konsistenz der Amaranthgetränke trotz etwa doppelt so hoher Trockensubstanz überhaupt nicht mit der der von fermentierten Milchprodukten vergleichbar ist. Auch durch Säuerung unter pH 4,6 konnte also nicht die gewünschte Viskositätserhöhung erreicht werden.

Der Säuregrad bei den Fermentationen mit Hamg lag zwischen 21,1 und 41,2, bei den Fermentationen mit Hmalz zwischen 25,2 und 45,4 °SH (Tab. 20). pH-Messungen direkt vor der Säuregradmessung zeigten, dass die Werte nicht genau 4,5, 4,1 und 3,9 betrugten. Beim Vergleich der Säuregrad-Werte der Fermentationsmedien

Hamg und Hmalz müssen daher die in Tab. 20 angegebenen pH-Werte berücksichtigt werden. Hmalz zeigte bei allen drei pH-Werten einen höheren Säuregrad als die entsprechenden Proben mit Hamg als Medium. Das bedeutet eine höhere Pufferkapazität von Hmalz. Beim Vergleich der **Gesamtsäure** (berechnet als Milchsäure) und dem tatsächlichen **Milchsäuregehalt** zeigten sich Abweichungen zwischen 1,2 und 2,5 g/l (Tab. 20). Das bedeutet, dass neben der als Hauptprotonenquelle vorliegenden Milchsäure auch andere Säuren vorkommen. Die Tatsache, dass auch die unfermentierten Medien Hamg und Hmalz Säuregrade zwischen 1,4 und 3,0 °SH aufweisen, obwohl keine Milchsäuregärung stattgefunden hat, lässt auf das Vorkommen von sauren Proteingruppen und/oder freien Fettsäuren schließen. Die oben angegebenen Abweichungen bei den fermentierten Produkten sind jedoch noch höher. Proteolyse oder Entstehung von anderen niedermolekularen Säuren (neben Milchsäure) könnten eine Erklärung sein. Zum Vergleich wurden auch pH-Wert, Säuregrad und Milchsäuregehalt von Joghurt bestimmt (Tab. 20): Bei fast gleichem pH-Wert zeigen Hmalz_{4,5}, nicht aber Hamg_{4,5}, und Joghurt einen Säuregrad im selben Bereich. Auch Joghurt zeigte eine Abweichung zwischen Gesamtsäure (berechnet als Milchsäure) und Milchsäuregehalt, nämlich 0,8 g/l.

Die Verteilung der **Milchsäureisomere** zeigte, dass zu Beginn der Fermentation primär L-Milchsäure gebildet wird (3 % bei Hamg_{4,5} und 9 % bei Hmalz_{4,5}, in % der Gesamtmilchsäure). Mit Fortdauer der Milchsäuregärung erhöhte sich der D-Milchsäureanteil auf 25 % (Hamg_{3,9}) resp 52 % (Hmalz_{3,9}).

Die **L*a*b*-Werte** der fermentierten und unfermentierten Produkte sind in Tab. 19 aufgelistet. Die Unterschiede zwischen den fermentierten und den unfermentierten Proben waren sehr gering (ΔE^* -Werte zwischen 0,5 und 2,51). ΔE^* zwischen Hamg und Hmalz betrug 3,87, was einem deutlich erkennbaren, aber geringen Unterschied entspricht. Als bekannte Vergleichssubstanz wurde die Farbe von Kaffee mit Milch (Verhältnis 7:1) gemessen: ΔE^* zu Hamg betrug 2,66, zu Hmalz 5,98. Somit kann die Farbe der hergestellten Produkte gut mit diesem Produkt verglichen werden.

6.3.2.2 *Amaranthmischgetränke*

Die Mischgetränke für die externe Sensorik wurden vorwiegend zum Zwecke der Geschmacksverbesserung hergestellt und deshalb vor allem mit Hilfe der Beliebtheitsprüfung bewertet. Dennoch wurden Trockensubstanz, pH-Wert, Viskosität

und Farbe der Produkte gemessen (Tab. 19 und Tab. 20). Es zeigte sich, dass die mit Mandeln und Kakao verfeinerten Getränke einen deutlich höheren pH-Wert als das Ausgangsprodukt Hamg_{4,5} aufwiesen. Die Viskosität erhöhte sich deutlich bei dem Bananenmischgetränk, obwohl sich die Trockensubstanz im Gegensatz zu den anderen beiden Proben nur geringfügig erhöhte. Die Farbe änderte sich bei allen Produkten, am meisten bei den Proben Mandel (ΔE^* 5,91) und Kakao (ΔE^* 11,85).

6.3.3 *Sprühtrocknung*

Die Trocknung konnte ohne Probleme durchgeführt werden. Die Düse wurde nicht verstopft, und der Trocknungsvorgang verlief daher ohne Unterbrechungen. Aus 2,5 l Ausgangsprodukt wurde 100 ± 10 g Pulver erhalten, was einer Ausbeute von etwa 40 % entspricht. Die **Trockensubstanzen** der Produkte lag zwischen 97 und 98 %mas. Mit diesem geringen Wassergehalt können die Amaranthgetränkpulver als gut lagerfähig beurteilt werden. Die **Farbe** der erzeugten Pulver veränderte sich im Bezug zum Ausgangsprodukt vor allem bezüglich des L^{*}-Wertes (Helligkeit): Die ΔL^* -Werte lagen bei +15 bis +30, was einer sehr deutlich helleren Farbe entspricht.

Auch die **Rehydratisierung** war zufriedenstellend: Nach Zentrifugation war der Rückstand in %mas der ganzen Suspension (29,17 bis 30,01 % bei Hamg, 25,01 bis 26,11 % bei Hmalz) geringer als bei den nativen, fermentierten Amaranthgetränken mit der gleichen Trockensubstanz (30,75 bis 31,38 % bei Hamg, 34,62 bis 35,87 % bei Hmalz). Bei den fermentierten Proben mit Hmalz als Ausgangssubstrat waren die Unterschiede mit bis zu 10 %mas am höchsten. Bei den resuspendierten Getränken lag der pH-Wert um 0,03 bis 0,14 Einheiten höher als bei den Ausgangssubstraten.

Die Ergebnisse zeigen, dass durch Trocknung und anschließende Rehydratisierung ein mit dem ursprünglichem Getränk gut vergleichbares Produkt erzeugt werden kann. Somit könnte dieses Getränk (wie Mahewu) als Pulver vermarktet werden (HOLZAPFEL, 1989).

6.3.4 *Interne Sensorik*

Es wurden alle bis pH 3,9 und 4,1 fermentierten Getränke, sowohl pur als auch mit Zusätzen, eindeutig als viel zu sauer eingestuft. Betreffend der Art der Nachhydrolyse hatte Hamg_{4,5} leichte, aber nicht eindeutige Vorteile gegenüber Hmalz_{4,5}. Bei der externen Sensorik sollten daher beide Getränke miteinander verglichen werden.

Bei den verschiedenen Zusätzen wurde der Zusatz von Kaffee (Rezeptur 10) von allen als negativ bewertet. Bei den anderen Rezepturen waren die Reaktionen sehr unterschiedlich. Es gab negative oder positive Bewertungen. Bei positiver Beurteilung des jeweiligen Zusatzes wurde bei Kakao Rezeptur 2, bei Banane Rezeptur 9 und bei Mandel Rezeptur 6 bevorzugt (Tab. 18). Diese drei Mischgetränke wurden daher in der externen Sensorik vergleichend bewertet.

6.3.5 Externe Sensorik

6.3.5.1 Deskriptive Analyse

Die gewonnenen Daten haben zwar metrisches Skalenniveau, dennoch macht es in der beschreibenden Statistik bisweilen Sinn, diese zunächst auf ordinales Niveau zu transformieren. Im vorliegenden Fall würde das bedeuten, dass die bei einem bestimmten Merkmal für die verschiedenen Proben resultierenden Werte in eine Rangordnung gebracht werden: Beispielsweise können die Bewertungen 8,9 und 6,0 für den Gesamteindruck bei den Proben Hamg und Hmalz in die nominal-ordinalen Werte "besser" (Hamg) und "schlechter" (Hmalz) transformiert werden. Dieselben transformierten Beurteilungen würden die Bewertungen 3,2 und 0,5 erhalten, obwohl sie im anderen, negativen Extrem der Skala liegen. Das heisst, es kann dadurch besser analysiert werden, welche Probe öfter als "besser" bzw. "weniger schlecht" eingestuft worden ist, als wenn die Daten auf metrischem Skalenniveau verglichen werden. Zuerst werden im folgenden die Ergebnisse auf diese Weise analysiert (Daten nicht dokumentiert). Danach werden die nicht transformierten, metrischen Werte mit den üblichen statistischen Kenngrößen deskriptiv charakterisiert.

Hamg und Hmalz:

Beim "Aussehen" und dem "Gesamteindruck" wurde Hamg von fast drei Viertel der Prüfer besser bewertet als Hmalz. Bei "Geruch", "Bittergeschmack" und "Mundgefühl" wurde Hamg doppelt so oft Hmalz vorgezogen als umgekehrt. Viermal so viele Prüfer bewerteten Hamg als süsser als Hmalz als umgekehrt. Ein reziprokes Bild ergab die Bewertung der "Säure": Hamg wurde öfter als saurer als Hmalz bewertet als umgekehrt.

Bei den Merkmalen "Säure" und "Süsse" wurde die Skala als "just-right-scale" ("gerade richtig": Markierung genau in der Mitte der Skala) konzipiert. Dabei wurden

diese zwei Merkmale nur max. sechs mal als "gerade richtig" beurteilt. Wenn die Bewertung nicht "gerade richtig" lautete, wurden beide Proben öfter als "zu sauer" und "zu wenig süß" bezeichnet als umgekehrt; Hmalz bewerteten sogar über drei Viertel der Personen als "zu wenig süß".

Mischgetränke mit Mandel, Banane und Kakao:

Bei den Merkmalen "Geschmack", "Mundgefühl" und "Gesamteindruck" wurde das Bananenmischgetränk von etwa drei Viertel der Prüfer erstgereiht. Das Mandelmischgetränk reihte etwa ein Viertel der Prüfer an erster Stelle und die Hälfte der Prüfer an zweiter Stelle. Das Kakaomischgetränk wurde in diesen drei Kategorien von mehr als der Hälfte der Prüfer letztgereiht. In den Kategorien "Aussehen" und "Geruch" konnte keine Bevorzugung eines Produktes beobachtet werden.

Statistische Kenngrößen der metrischen Daten:

Bei allen Proben und Merkmalen konnte eine grosse **Streuung** der Bewertungen festgestellt werden: Bei etwa der Hälfte der möglichen Kombinationen Probe/Merkmal reichten die Bewertungen bis 1 (negatives Ende der Skalen) resp. 9 (positives Ende der Skalen). Bei vielen Kombinationen lag der Mittelwert und der Median relativ weit auseinander, was einer relativ grossen **Schiefe** entspricht. Der Bereich von der 25. bis zur 75. Perzentile umfasste bei über der Hälfte der Kombinationen vier Skaleneinheiten. Die Box-and-Whisker-Plots in den Abb. 25 und 26 dokumentieren diese Befunde. Abb. 23 und 24 zeigen die Mittelwerte im Netzdiagramm. Es wurden auch explorative, grafische Analysen (hier nicht dokumentiert) durchgeführt. Dabei wurden die Datenreihe jeder möglichen Kombination Probe/Merkmal als Histogramm und Dichtekurve dargestellt. Bei einigen Kombinationen konnte eine grosse **Kurtosis**, d.h. eine zweigipfelige Dichtekurve beobachtet werden. Das bedeutet, dass die betreffenden Probenmerkmale tendenziell entweder als sehr negativ ODER sehr positiv beurteilt worden sind. Zusätzlich wurde die Schiefe vieler Kombinationen eindeutig sichtbar.

Bei der qualitativen Interpretation der Abb. 23 und 24 müssen die Testblätter (Abb. 20 und 21) herangezogen werden: Demnach bedeutet das Bewertungsmaximum 0 das negative Extrem und das Bewertungsmaximum 10 das positive Extrem. Entsprechend müssen die Merkmale "Säure" und "Süsse" gesondert betrachtet werden:

Hier bedeutet die Merkmalsausprägung im Bereich 5 das Optimum, die Extremwerte 0 resp. 10 bedeuten "zu sauer/zu süß" resp. "zu wenig sauer/zu wenig süß".

Rein durch die Betrachtung der Merkmalsmittelwerte von **Hamg und Hmalz** konnte ein Unterschied der beiden Proben beobachtet werden. Bei den Merkmalen Aussehen, Geruch, Bittergeschmack, Mundgefühl und dem Gesamteindruck schien Hamg gegenüber Hmalz leichte Vorteile zu haben. Das negative Extrem lag bei beiden Proben beim Merkmal Mundgefühl: Die sandige Konsistenz schien der Hauptkritikpunkt zu sein.

Bei den **Mischgetränken** bestätigte sich die Reihung Banane, Mandel und Kakao nach fallender Beliebtheit.

6.3.5.2 Induktive Analyse der metrischen Daten

Vor der Anwendung eines induktiven, statistischen Tests müssen die Daten explorativ bewertet werden, um den passenden Test (oder mehrere) anwenden zu können. Zuerst stellt sich die Frage nach der Verteilung der erhobenen Datenreihen. Wie im vorangegangenen Kapitel dargelegt, liegt die Vermutung nahe, dass es sich nicht um homogene Stichproben bzw. Grundgesamtheiten handelt. Da die Werte Ausdruck einer rein subjektiven Einschätzung der jeweiligen Prüfpersonen sind und nicht natürlichen, statistischen Schwankungen unterliegen, wie beispielsweise die Körpergrösse oder Messwerte einer Mehrfachbestimmung, ist das nicht weiter verwunderlich. Bei vielen Datenreihen war die Verteilungshomogenität zweifelhaft (vgl. Abb. 25 und 26). Aus diesem Grund wurden **nicht-parametrische Tests** (Rangsummentests), welche keine Normalverteilung und Symmetrie der Stichproben voraussetzen angewendet. Sie prüfen nicht die Mittelwerte der Stichproben sondern die Mediane auf Gleichheit. Diese Tests sind zwar im Hinblick auf eine erwünschte Testentscheidung, d.h. Annahme eines Unterschieds zwischen den Datenreihen, konservativer, sollten aber bei Unsicherheit bezüglich der Verteilung der Stichprobe angewendet werden (WEISS, 1999).

Pro Merkmalsskala existierten jeweils zwei (Hamg und Hmalz) resp. drei (Mandel, Banane, Kakao) Datenreihen mit $n=40$ (40 Prüfpersonen). Wurde eine oder mehrere Bewertungen von einer Prüfperson nicht vorgenommen, verringerte sich dementsprechend n . Es handelt sich um unverbundene Stichproben (unterschiedliche Proben). Zur Anwendung kamen daher der **U-Test von Mann, Whitney und**

Wilcoxon, der zwei Erwartungswerte μ_1 und μ_2 zweier unabhängiger Stichproben miteinander vergleicht, und der Test nach **Kruskal-Wallis**, das Pendant dazu für mehr als zwei unverbundene Stichproben. Die Nullhypothesen H_0 lauten " $\mu_1=\mu_2$ " resp. " $\mu_1=\mu_2=\mu_3$ ". Geprüft wurde mit einem Signifikanzniveau von $\alpha=5\%$: Bei einem p-Wert (in den Tabellen mit "Asymp. Sig." bezeichnet) von grösser oder gleich 0,05 wurde die Nullhypothese beibehalten, also kein Unterschied angenommen, resp. umgekehrt. Wenn im folgenden von einem "Unterschied" gesprochen wird, ist das in diesem Sinne zu verstehen. Bei der Unterschiedsprüfung zwischen Hamg und Hmalz ergab das pro Merkmal einen Test, bei der Unterschiedsprüfung der Mischgetränke pro Merkmal einen Test für alle drei Stichproben und drei Tests für den Vergleich zweier Stichproben untereinander. Die Teststatistiken sind in Tab. 21-25 dokumentiert. Die Gruppenvariablen bedeuten: 1 für Hmalz, 2 für Hamg, 3 für Mandel, 4 für Banane und 5 für Kakao.

Einen Unterschied zwischen **Hamg** und **Hmalz** konnte demnach nur bei den Merkmalen "Süsse" und "Gesamteindruck" gefunden werden, wobei Hmalz mehr als "zu wenig süss", d.h. auch weniger süss als Hamg empfunden wurde und bei der Gesamtbewertung Hamg als besser bewertet wurde.

Beim **Vergleich** der drei **Mischgetränke** mit dem Test nach Kruskal-Wallis konnten bei allen Merkmalen ausser "Aroma" Unterschiede gefunden werden. Die Merkmalsvergleiche zwischen **Mandel** und **Banane** zeigten bei denselben Merkmalen Unterschiede. Das Probenpaar **Banane-Kakao** zeigte nur Unterschiede bei "Geschmack", "Mundgefühl" und "Gesamteindruck" und die Getränke **Mandel** und **Kakao** unterschieden sich nur bei "Aussehen", "Geschmack" und "Gesamteindruck". Alle Unterschiede bezeichnen qualitative Verschiedenheiten in der in den Netzdiagrammen (Abb. 23 und 24) ersichtlichen Richtung. Diese Ergebnisse zeigen eine eindeutige Bevorzugung des mit Banane versetzten Mischgetränkes gegenüber den anderen Proben. Bei den für ein Produkt sehr wichtigen Merkmalen "Geschmack" und "Gesamteindruck" war das Mandelmischgetränk an zweiter Stelle. Das mit Kakao gemischte Produkt schnitt am schlechtesten ab.

6.3.5.3 Vergleich fermentierte Amaranthgetränke mit und ohne Zusatz

Da für beide Kategorien verschiedene Testblätter verwendet wurden, können sie anhand der errechneten Mittelwerte (Abb. 23 und 24) strenggenommen nicht

verglichen werden. Trotzdem scheinen Zusätze die Akzeptanz zu erhöhen: Wenn die Mittelwerte der gleich skalierten Merkmale (Merkmale mit der "just-right"-Skalierung, d.h. Säure und Süsse, wurden weggelassen) vergleichend betrachtet werden, zeigt sich, dass beim ersten Testblatt kein einziges Mal die Marke 7 erreicht wurde, während das Mischgetränk mit Banane drei mal ("Geschmack", Mundgefühl" und "Gesamteindruck") sogar höhere Werte erreichte. Die meisten persönlichen Kommentare, die auf die Testblätter geschrieben wurden, brachten eine deutliche Bevorzugung aller Mischgetränke gegenüber den reinen Proben zum Ausdruck.

7 Schlussbetrachtung

Technologie

Die **Fermentation** des Amaranthgetränkes mit Milchsäurebakterien ist ohne Probleme möglich. Der Gehalt an fermentierbaren niedermolekularen Zuckern erlaubt eine Säuerung in einer relativ kurzen Zeit. Bei thermophiler Säuerung ist die Verwendung von Mehrstammkulturen im Hinblick auf die Säuerungsgeschwindigkeit am sinnvollsten. Die Verwendung einer Mehrstammkultur mit probiotischen Bakterien (ABT-21) erwies sich dabei im Bereich bis pH 4,5 als sehr erfolgreich. Beim Einsatz von mesophilen Sauermilchkulturen hingegen muss mit längeren Fermentationszeiten und sensorisch nicht optimalen Produkten gerechnet werden. Der Einfluss der Trockensubstanz und des Rohstoffes auf die Säuerungsgeschwindigkeit ist als gering, der Einfluss der verwendeten Verzuckerungsenzyme bei der Herstellung der unfermentierten Getränke (Amyloglucosidase resp. Malz) ist als gross zu bezeichnen.

Eine erwünschte, eindeutig messbare **Viskositätszunahme** durch Säuerung konnte meist nicht erzielt werden. Lediglich die Joghurtkultur *Lactobacillus bulgaricus* / *Streptococcus thermophilus* wies eine deutlich erkennbare Exopolysaccharidbildung und damit Viskositätszunahme auf. Höhere Trockensubstanzen verursachten bei allen Getränken eine höhere Viskosität. Ist die Herstellung von höherviskosen, löffelbaren Produkten erklärtes Ziel, müssen entweder andere Kulturen getestet oder höhere Trockensubstanzen, d.i. höher als 25 %, gewählt werden.

Die **Sprühtrocknung** sowohl von fermentierten als auch unfermentierten Getränken aus gepopptem Amaranth ist einwandfrei möglich. Nach Rehydratisierung waren die Getränke gut mit den ursprünglichen Suspensionen vergleichbar.

Durch den niederen pH-Wert ist die **Haltbarkeit** des fermentierten Amaranthgetränkes ausreichend gewährleistet. Bei Fermentation bis zu einem pH-Bereich von 4,5 und anschliessender Lagerung bei 4 °C für zwei Wochen muss mit einer Nachsäuerung von bis zu 0,4 pH-Einheiten gerechnet werden. Soll der pH-Wert konstant gehalten werden, ist eine Pasteurisation möglich. Die dabei erfolgende Bakterienabtötung muss jedoch speziell bei Verwendung von probiotischen Kulturen als ernährungsphysiologischer Nachteil angesehen werden.

Sensorik

Sowohl die fermentierten als auch unfermentierten Getränke aus gemahlenem **gepopptem Amaranth** wurden sensorisch mit Abstand am besten bewertet. Der von vielen als ungewohnt bis störend empfundene, artspezifisch erdige Geruch und Geschmack von Amaranth ist bei Verwendung dieses Rohstoffes weniger stark als bei unbehandeltem oder getoastetem Amaranth.

Bezüglich der **Bakterienkulturen** sind die Unterschiede weniger ausgeprägt. Die sensorisch neuartige Kombination "Amaranthgeschmack" und "Säure" steht als solche im Vordergrund. Trotzdem kann die Kultur ABT-21 mit ihrer relativ milden, leicht zitronenartige Säure als sensorisch angenehmste bezeichnet werden.

In den produzierten Getränken wird ein **pH-Wert** von weniger als 4,1 als zu sauer empfunden. Bei thermophiler Fermentation bis 4,5 mit anschließender Nachsäuerung bei 4 °C für maximal zwei Wochen kann deshalb noch mit angenehm sauren Produkten gerechnet werden.

Die Verwendung von Amyloglucosidase als **Nachhydrolyseenzym** kann im Vergleich mit Malz als besser bewertet werden.

Die Verwendung von **Zusätzen** bewirkt eine höhere Akzeptanz der fermentierten Getränke. Im Vergleich der Mischgetränke untereinander schnitt das Bananenmischgetränk am besten ab und könnte u. U. von einer breiteren Konsumentenschicht akzeptiert werden.

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, hatte die vorliegende Diplomarbeit unter anderem das Ziel, für lactose-intolerante Menschen eine **Alternative zu fermentierten Milchprodukten** zu entwickeln. Ein Problem beim Ersatz der herkömmlichen, sauren Milcherzeugnisse mit fermentierten Amaranthgetränken könnte die Farbe sein. Ein potentieller Konsument wird sich wahrscheinlich eine weissliche Farbe erwarten. Auch der artspezifische Amaranthgeruch und -geschmack könnte ein Problem darstellen.

Ernährungsphysiologie

Auf Grundlage der Inhaltsstoffe des verwendeten Rohstoffes können die Produkte als physiologisch hochwertig bezeichnet werden. Die wichtigsten Argumente sind Aminosäuremuster, Fettsäuremuster, Mineralstoffgehalte (Calcium) und Vitamingehalt. Diese sind bereits vielfach diskutiert worden (BRESSANI, 1993; SAUNDERS und BECKER, 1984; ZEILER, 2001). Durch die beim Herstellungsprozess auftretenden hohen Temperaturen (Poppen, Heisshydrolyse, Nachhydrolyse, Abkochen) muss mit einer Qualitätsminderung bezüglich der hitzelabilen Vitamine, kaum aber bei den anderen Nährstoffen gerechnet werden.

In den hergestellten Getränken liegt die **Amaranthstärke** zum grössten Teil hydrolysiert vor: Bei den mit Malz nachhydrolysierten Getränken mit 20 %mas Trockensubstanz hauptsächlich als **Maltose** (7-10 %mas) und **Glucose** (0,2-1,5 %mas), bei den mit Amyloglucosidase nachhydrolysierten Getränken mit 20 %mas Trockensubstanz hauptsächlich als **Glucose** (6-9 %mas). Durch die Fermentation wird zwar ein Teil dieser Hauptinhaltsstoffe verbraucht, jedoch nur in im Verhältnis zur Gesamtmenge geringen Mengen. Die Getränke können somit den Organismus sehr schnell mit energieliefernden Kohlenhydraten versorgen. Vor allem für Leistungssportler während der körperlichen Belastung würden die Produkte somit eine ideale Nahrungsquelle darstellen.

Der Gehalt an **probiotischen Milchsäurebakterien** im nicht pasteurisierten Amaranthgetränk kann als positive Eigenschaft gesehen werden. Allerdings muss bei einer postulierten probiotischen Wirkung auch das Medium berücksichtigt werden, in dem die Bakterien sich befinden. Um eine genügend hohe Überlebensrate der Bakterien bis zum Erreichen der unteren Darmabschnitte zu erreichen, muss nicht nur ihre Säureresistenz (die bakterienspezifisch ist) hoch sein, sondern es müssen auch genügend Substrate für die Bakterien vorhanden sein (Stichwort "Prebiotika"). Strenggenommen sind also die verschiedenen probiotischen Effekte, welche in klinischen Studien durch den Verzehr der untersuchten Nahrungsmittel hervorgerufen werden, nur für genau diese Bakterienstämme und genau diese Lebensmittelmatrix gültig (BgVV, 1999; FREY et al., 2001). Damit ist es also im vorliegenden Fall nur zulässig zu betonen, dass probiotische Bakterien verwendet worden sind und nicht, dass das Lebensmittel probiotische Wirkungen hervorruft.

8 Zusammenfassung

In dieser Diplomarbeit wurde eine datenbankunterstützte Literaturrecherche zum Thema "Milchsauer fermentierte Getränke aus pflanzlichen Rohstoffen" durchgeführt, sowie versucht, ein mit Milchsäurebakterien fermentiertes Getränk auf Körneramaranthbasis zu entwickeln und dieses analytisch, sensorisch und ernährungsphysiologisch zu bewerten. Die Analysen umfassten Viskosität, Farbe, Löslichkeit, Trockensubstanz, pH-Wert, Säuregrad, Milchsäure-, Maltose-, Saccharose- und Glucosegehalt.

Als Rohstoffe dienten Mehle aus rohem, getoastetem und gepopptem Amaranth. Mittels technischer Enzyme und Malz sowie den technologischen Verfahren Stärkeverflüssigung bei 90 °C, Stärkehydrolyse bei 60 °C und Nassvermahlung wurden fermentierbare Suspensionen hergestellt.

Die Fermentationen wurden in kleinem Masstab (0,5 bis 3 l) sowohl im thermophilen als auch mesophilen Bereich durchgeführt. Es kamen Ein- und Mehrstammkulturen zum Einsatz. Die Einflussparameter Kultur, Trockensubstanz, Rohstoff und Hydrolyseenzyme auf die Antwortgrößen Viskosität, Fermentationsdauer und Fermentationsverlauf wurden untersucht.

Mit den intern am besten eingestuften Getränken (gepoppter Amaranth, Hydrolysesubstrat Malz resp. Amyloglucosidase, probiotische Mehrstammkultur ABT-21) wurde eine externe hedonische Beliebtheitsprüfung mit 40 Prüfpersonen durchgeführt. Dabei wurden sowohl pure Amaranthgetränke als auch aromatisierte Amaranthmischgetränke mittels eigens entwickelten Testblättern bewertet und die Ergebnisse statistisch ausgewertet.

Sowohl unfermentierte als auch fermentierte Amaranthgetränke wurden mittels Sprühtrocknung instantisiert und die Löslichkeit der resultierenden Pulver untersucht.

Es konnten ernährungsphysiologisch hochwertige Produkte hergestellt werden. Die sensorische Bewertung zeigte, dass die Akzeptanz bei Verwendung von Zusätzen höher war als beim reinen Getränk.

9 Abstract

In this thesis there was conducted a database-supported literature investigation into lactic fermented drinks on vegetable basis. A lactic fermented drink on the base of grain amaranth was developed and evaluated in analytic, sensoric and physiologic respects. The analyses comprised viscosity, colour, solubility, dry matter, pH, degree of acidity, lactic acid-, maltose-, sucrose- and glucose-content.

Milled raw, toasted and popped amaranth was used as raw material. Fermentable suspensions were produced by use of technical enzymes as well as malt and by methods of hot hydrolysis at 90 °C, hydrolysis at 60 °C and wet milling.

The thermophilic and mesophilic fermentations were conducted at laboratory-scale (0,5 – 3 l). One-strain and multi-strain cultures were used. The parameters bacterial culture, dry matter, raw material and hydrolysing enzyme were investigated in respect to the response variables viscosity, fermentation time and fermentation course.

The drinks which turned out to be best after an internal sensoric evaluation (popped amaranth, malt resp. amyloglucosidase, probiotic multi-strain culture ABT-21) were evaluated externally by a panel of 40 persons, using a hedonic acceptance test. Pure fermented amaranth drinks as well as such with added flavouring compounds were assessed. Test sheets were developed for that particular purpose.

Fermented as well as not fermented amaranth drinks were spray dried. The resulting powders were evaluated in respect to their solubility.

Products with high physiological value were developed. The sensory evaluation showed the drinks with added flavouring compounds to be more accepted than the pure drinks.

10 Tabellen

Tab. 1: Verwendete Kulturen und Impfstärken
bei Versuch VT20%amg und VP10%amg

Kulturnr.	Kultur(kombination)	Impfstärke
1	Joghurtkultur YC183	0,2 %
2	Joghurtkultur YC183	0,4 %
3	Lb. Acidophilus-5 und St. Thermophilus V1 1:1	0,2 %
4	Lb. Acidophilus-5 und St. Thermophilus V1 1:1	0,4 %
5	St. Thermophilus F3	0,2 %
6	St. Thermophilus F3	0,4 %
7	Lb. Acidophilus-5 – St. Thermophilus V1 – BB-12 1:1:1	0,2 %
8	St. Thermophilus V1	0,2 %

Tab. 2: Fermentationsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei VersuchVP10%amg

Stunde	0:00*	1:30	2:30	4:00	4:45	6:00
Kultur						
1	6,39	5,40	5,13	4,85	4,79	4,64
2	6,39	5,15	4,92	4,68	4,55	-
3	6,39	6,26	6,24	6,22	-	6,13
4	6,39	6,21	6,19	6,08	-	5,98
5	6,39	6,00	5,84	5,51	-	5,13
6	6,39	5,61	5,28	4,89	4,86	4,76
7	6,39	6,04	6,03	5,91	-	5,86
8	6,39	6,29	6,25	6,12	-	5,61

Tab. 3: Fermentationsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch VT20%amg

Stunde	0:00*	1:30	4:00	4:30	5:00	5:30	6:30	17:45
Kultur								
1	6,43	4,97	4,70	4,65	-	-	-	-
2	6,43	4,88	4,63	4,59	-	-	-	-
3	6,43	6,35	6,10	5,87	5,32	5,08	4,88	4,13
4	6,43	6,23	5,51	5,11	4,95	4,86	4,69	3,83
5	6,43	5,90	4,96	4,88	4,81	4,74	4,64	-
6	6,43	5,32	4,82	4,76	4,71	4,66	-	-
7	6,43	6,25	5,99	5,69	5,31	5,02	4,84	4,07
8	6,43	6,32	5,60	5,20	5,03	4,95	4,83	4,37

* Die bei 0:00 angeg. Werte sind die pH-Werte vor der Inokulation (nur einmal gemessen!)

Tab. 4: Verwendete Kulturen und Impfstärken
bei Versuch VT10%amg und VT25%amg

KulturNr.	Kultur(kombination)	Impfstärke
1	ABT 6: LA-5, BB-12, S. thermophilus	0,2 %
2	ABT 6: LA-5, BB-12, S. thermophilus	0,4 %
3	MSK-Mix DV 1-67: LA lactis, S. thermophilus	0,2 %
4	MSK-Mix DV 1-67: LA lactis, S. thermophilus	0,4 %
5	ABT 21: LA-5, BB-12, S. thermophilus	0,2 %
6	ABT 21: LA-5, BB-12, S. thermophilus	0,4 %
7	YC 183: Lactob. Bulgaricus, Str. Thermophilus	0,2 %
8	YC 183: Lactob. Bulgaricus, Str. Thermophilus	0,4 %

Tab. 5: Fermentationsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch VT10%amg

Stunde	0:00*	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00	3:30	4:30	6:00
Kultur									
1	6,56	5,61	5,19	4,94	4,84	4,65	4,59	4,44	4,35
2	6,56	5,27	4,94	4,74	4,60	4,50	4,43	4,28	4,24
3	6,56	6,08	5,63	5,39	5,08	4,82	4,69	4,49	4,20
4	6,56	5,85	5,29	5,01	4,75	4,65	4,47	4,25	4,07
5	6,56	5,25	4,87	4,75	4,56	4,56	4,48	4,30	4,24
6	6,56	5,06	4,76	4,58	4,46	4,38	4,31	4,17	4,14
7	6,56	5,88	5,36	5,03	4,95	4,63	4,53	4,49	4,40
8	6,56	5,57	5,21	4,85	4,61	4,59	4,49	4,31	4,29

Tab. 6: Fermentationsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch VT25%amg

Stunde	0:00*	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	5:30	6:30
Kultur								
1	6,28	5,97	5,66	5,22	4,86	4,67	4,59	4,44
2	6,28	5,79	5,34	4,95	4,71	4,53	4,47	4,35
3	6,28	6,17	5,94	5,40	4,91	4,71	4,62	4,44
4	6,28	6,08	5,72	5,09	4,78	4,61	4,51	4,36
5	6,28	5,70	5,14	4,84	4,65	4,51	4,44	4,32
6	6,28	5,40	4,91	4,71	4,54	4,42	4,37	4,27
7	6,28	5,96	5,43	4,95	4,79	4,68	4,63	4,56
8	6,28	5,72	5,14	4,84	4,70	4,62	4,58	4,51

* Die bei 0:00 angeg. Werte sind die pH-Werte VOR der Inokulation (nur einmal gemessen!)

Tab. 7: Temperatur-/pH-Verlauf bei Versuch ZR20%amg und ZR20%malz

2174 g Mehl Roh / 7826 ml Wasser / 2 ml Termamyl											
Eine Hälfte: + 100g Malz						(ZR20%malz)					
Eine Hälfte: + 1 ml AMG						(ZR20%amg)					
ZR20%malz						Trockensubstanz = 20,21%					
YC 183			ABT 21			MSK-Mix			Probat 505		
h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH
0,00	39,8	6,38	0,00	40,6	6,42	0,00	41,3	6,40			
1,00	42,3	6,18	1,00	42,4	5,77	1,00	42,0	6,27			
2,00	42,2	5,40	2,00	42,3	5,13	2,00	42,2	5,70			
3,00	42,2	5,14	3,00	42,3	4,96	3,00	42,2	5,08			
4,00	42,0	5,03	4,00	42,2	4,76	4,00	42,1	4,75			
5,00	41,9	4,95	4,83	42,2	4,60	4,47	42,1	4,60			
6,00	41,9	4,85									
7,00	41,9	4,78									
8,00	42,0	4,72									
9,00	42,0	4,65									
9,68	42,0	4,60									
7d		4,54			4,38			4,28			
14d		4,51			4,35			4,22			
ZR20%amg						Trockensubstanz = 19,38%					
YC 183			ABT 21			MSK-Mix			Probat 505		
h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH
0,00	39,5	6,49	0,00	40,4	6,50	0,00	40,7	6,51			
1,00	42,1	6,16	1,00	42,2	5,73	1,00	42,4	6,37			
2,00	42,3	5,25	2,00	42,2	4,99	2,00	42,1	5,81			
3,00	42,1	4,88	3,00	42,1	4,78	3,00	42,3	5,04			
4,00	42,1	4,70	4,00	42,0	4,61	4,00	42,2	4,77			
4,80	42,1	4,60	4,15	42,0	4,60	5,00	42,0	4,61			
						5,15	42,0	4,60			
7d		4,40			4,39			4,25			
14d		4,38			4,37			4,20			

Tab. 8: Temperatur-/pH-Verlauf bei Versuch ZT15%amg und ZP15%malz

1610 g Mehl getoastet / 8390 ml Wasser / 1,5 ml Termamyl											
Eine Hälfte: + 75g Malz						(ZT15%malz)					
Eine Hälfte: + 0,75 ml AMG						(ZT15%amg)					
ZT15%malz						Trockensubstanz = 15,00%					
YC 183			ABT 21			MSK-Mix			Probat 505		
h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH
0,00	39,4	6,44	0,00	39,8	6,41	0,00	40,9	6,44			
1,00	41,5	6,09	1,00	41,6	5,59	1,00	42,0	6,25			
2,00	42,0	5,20	2,00	41,9	5,07	2,00	42,0	5,61			
3,00	41,9	5,17	3,00	41,9	4,86	3,00	42,0	5,23			
4,00	41,9	5,13	3,95	41,9	4,60	4,00	42,1	5,03			
5,00	41,9	5,09				5,00	42,2	4,74			
6,00	41,9	5,05				5,50	42,2	4,60			
7,00	42,0	4,99									
8,00	42,0	4,91									
9,00	42,1	4,81									
10,00	42,0	4,67									
10,72	42,0	4,60									
7d		4,42			4,37			4,27			
14d		4,40			4,33			4,20			
ZT15%amg						Trockensubstanz = 14,21%					
YC 183			ABT 21			MSK-Mix			Probat 505		
h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH
0,00	39,7	6,64	0,00	39,5	6,58	0,00	39,7	6,66			
1,00	41,7	6,21	1,00	41,7	5,58	1,00	41,9	6,37			
2,00	42,3	5,32	2,00	42,2	4,97	2,00	42,3	5,56			
3,00	41,9	4,99	3,00	41,8	4,74	3,00	42,0	5,07			
4,00	42,0	4,87	3,75	41,9	4,60	4,00	42,1	4,83			
5,00	42,0	4,77				4,90	42,1	4,60			
6,00	42,0	4,68									
7,00	42,0	4,61									
7,10	42,0	4,60									
7d		4,28			4,34			4,24			
14d		4,26			4,31			4,19			

Tab. 9: Temperatur-/pH-Verlauf bei Versuch ZT20%amg und ZT20%malz

2150 g Mehl getoastet / 7850 ml Wasser / 2 ml Termamyl											
Eine Hälfte: + 100g Malz						(ZT20%malz)					
Eine Hälfte: + 1 ml AMG						(ZT20%amg)					
ZT20%malz						Trockensubstanz = 20,26%					
YC 183			ABT 21			MSK-Mix			Probat 505		
h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH
0,00	39,6	6,42	0,00	39,7	6,37	0,00	39,9	6,42	0,00	24,5	6,53
1,00	42,0	6,08	1,00	42,1	5,70	1,00	41,8	6,16	1,00	24,1	6,49
2,00	42,0	5,25	2,00	42,1	5,15	2,00	42,0	5,60	2,00	24,2	6,46
3,00	42,0	5,15	3,00	42,0	4,97	3,00	42,0	5,29	3,00	24,3	6,39
4,00	41,8	5,11	4,00	41,8	4,81	4,00	41,8	5,16	4,00	24,3	6,30
5,00	42,0	5,07	4,90	42,0	4,60	5,00	42,0	4,93	5,00	24,3	6,11
6,00	42,0	5,07				6,00	41,9	4,66	6,00	24,2	5,76
8,00	42,0	4,98				6,10	41,9	4,60	7,00	24,2	5,38
9,00	42,1	4,88							8,00	24,1	5,00
10,00	41,9	4,75							9,00	24,1	4,74
11,00	42,0	4,65							9,50	24,1	4,60
11,20	42,0	4,60									
7d		4,43			4,40			4,38			4,25
14d		4,39			4,28			4,18			4,17
ZT20%amg						Trockensubstanz = 19,03%					
YC 183			ABT 21			MSK-Mix			Probat 505		
h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH
0,00	39,6	6,60	0,00	40,0	6,59	0,00	39,9	6,65	0,00	24,5	6,56
1,00	42,1	6,01	1,00	42,1	5,63	1,00	42,1	6,28	1,00	24,1	6,51
2,00	42,0	5,25	2,00	42,0	5,00	2,00	42,0	5,55	2,00	24,2	6,48
3,00	41,8	4,94	3,00	41,8	4,78	3,00	41,8	5,21	3,00	24,3	6,42
4,00	42,0	4,77	4,00	42,0	4,64	4,00	42,0	4,88	4,00	24,3	6,31
5,00	42,0	4,62	4,40	42,0	4,60	5,00	42,0	4,64	5,00	24,3	6,09
5,10	42,0	4,60				5:31	42,0	4,60	6,00	24,2	5,75
									7,00	24,2	5,43
									8,00	24,1	5,20
									9,00	24,1	5,01
									10,00	24,1	4,85
									11,00	24,1	4,75
									12,00	24,1	4,67
									12,00	24,1	4,65
									13,31	24,1	4,60
7d		4,39			4,35			4,37			4,23
14d		4,27			4,26			4,20			4,08

Tab. 10: Temperatur-/pH-Verlauf bei Versuch ZT25%amg und ZT25%malz

2688 g Mehl getoastet / 7368 ml Wasser / 2,5 ml Termamyl											
Eine Hälfte: + 125g Malz						(ZT25%malz)					
Eine Hälfte: + 1,25 ml AMG						(ZT25%amg)					
ZT25%malz						Trockensubstanz = 25,34%					
YC 183			ABT 21			MSK-Mix			Probat 505		
h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH
0,00	40,9	6,30	0,00	40,4	6,31	0,00	40,9	6,29			
1,00	41,7	6,14	1,00	41,8	5,94	1,00	41,7	6,19			
2,00	42,0	5,60	2,00	42,3	5,24	2,00	42,1	5,80			
3,00	42,0	5,03	3,00	42,2	4,79	3,00	42,2	5,11			
4,00	41,8	5,01	3,60	42,1	4,60	4,00	42,0	4,85			
5,00	41,9	4,97				4,98	42,0	4,60			
6,00	42,0	4,93									
7,00	42,1	4,87									
8,00	42,0	4,79									
9,00	42,0	4,69									
9,82	42,0	4,60									
7d		4,48			4,40			4,35			
14d		4,40			4,27			4,18			
ZT25%amg						Trockensubstanz = 24,10%					
YC 183			ABT 21			MSK-Mix			Probat 505		
h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH
0,00	40,2	6,41	0,00	40,7	6,39	0,00	40,6	6,40			
1,00	41,7	6,14	1,00	41,9	5,92	1,00	41,8	6,27			
2,00	42,0	5,54	2,00	42,2	5,23	2,00	42,1	5,89			
3,00	42,1	4,98	3,00	42,0	4,91	3,00	42,2	5,17			
4,00	41,9	4,81	4,00	41,9	4,74	4,00	42,0	4,87			
5,00	41,9	4,69	5,00	42,0	4,60	5,00	42,1	4,70			
5,97	41,9	4,60				5,67	42,1	4,60			
7d		4,45			4,42			4,38			
14d		4,31			4,31			4,23			

Tab. 11: Temperatur-/pH-Verlauf bei Versuch ZP15%amg und ZP15%malz

2105 g Mehl gepoppt / 11228 ml Wasser / 2 ml Termamyl											
Eine Hälfte: + 100g Malz						(ZP15%malz)					
Eine Hälfte: + 1 ml AMG						(ZP15%amg)					
ZP15%malz						Trockensubstanz = 15,80%					
YC 183			ABT 21			MSK-Mix			Probat 505		
h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH
0,00	38,6	6,24	0,00	38,7	6,24	0,00	40,3	6,26	0,00	23,7	6,39
1,00	41,9	5,98	1,00	42,1	5,66	1,00	42,1	6,18	1,00	24,6	6,38
2,00	42,2	5,24	2,00	42,2	5,00	2,00	42,0	5,73	2,00	24,8	6,32
3,00	41,8	5,00	3,00	41,7	4,75	3,00	42,1	5,01	3,00	24,9	6,30
4,00	42,0	4,95	3,92	41,9	4,60	4,00	42,2	4,81	4,00	24,9	6,17
5,00	42,4	4,95				5,00	42,6	4,71	5,00	24,8	5,91
6,00	42,1	4,84				6,00	41,8	4,67	6,00	24,8	5,57
7,00	41,8	4,77				6,85	41,8	4,60	7,00	25,1	5,18
8,00	42,0	4,77							8,00	25,4	4,91
9,00	42,0	4,73							9,00	25,2	4,73
10,00	42,0	4,68							9,92	25,2	4,60
10,92	42,0	4,60									
7d		4,43			4,28			4,08			4,21
14d		4,38			4,20			4,04			4,12
ZP15%amg						Trockensubstanz = 14,17%					
YC 183			ABT 21			MSK-Mix			Probat 505		
h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH
0,00	40,5	6,34	0,00	41,1	6,14	0,00	34,7	6,43	0,00	28,7	6,52
1,00	42,4	5,90	1,00	42,6	5,54	1,00	41,7	6,33	1,00	23,8	6,51
2,00	42,6	5,29	2,00	42,7	5,12	2,00	41,8	5,97	2,00	24,0	6,46
3,00	42,0	5,04	3,00	42,1	4,96	3,00	42,0	5,58	3,00	24,2	6,33
4,00	41,7	4,95	4,00	41,9	4,82	4,00	42,1	5,16	4,00	24,5	6,14
5,00	41,9	4,90	5,00	42,0	4,71	5,00	42,0	4,89	5,00	24,9	5,91
6,00	42,0	4,85	6,00	42,1	4,61	6,00	42,0	4,71	6,00	25,3	5,77
7,00	42,0	4,79	6,08	42,1	4,60	6,55	42,0	4,60	7,00	25,8	5,68
8,00	42,0	4,73							8,00	26,2	5,51
9,00	42,0	4,68							9,00	26,4	5,34
10,00	42,0	4,63							10,00	26,7	5,19
10,50	42,0	4,60							11,00	25,9	4,97
									12,00	25,1	4,84
									13,00	24,4	4,71
									13,92	24,4	4,60
7d		4,40			4,28			4,40			4,20
14d		4,36			4,29			4,27			4,06

Tab. 12: Temperatur-/pH-Verlauf bei Versuch ZP20%amg und ZP20%malz

2105 g Mehl gepoppt/7895 ml Wasser/2 ml Termamyl											
Eine Hälfte: + 100g Malz (ZP20%malz)											
Eine Hälfte: + 1 ml AMG (ZP20%amg)											
ZP20%malz						Trockensubstanz = 20,55%					
YC 183			ABT 21			MSK-Mix			Probat 505		
h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH
0,00	39,3	6,18	0,00	40,5	6,14	0,00	40,4	6,16			
1,00	42,0	5,97	1,00	42,0	5,79	1,00	41,9	6,04			
2,00	42,1	5,34	2,00	42,3	5,18	2,00	42,2	5,69			
3,00	42,0	5,13	3,00	42,3	4,91	3,00	42,2	5,10			
4,00	41,9	5,11	4,00	42,2	4,65	4,00	42,2	4,80			
5,00	41,9	5,08	4,27	42,2	4,58	5,00	41,9	4,64			
6,00	41,9	5,04				5,57	41,9	4,60			
7,00	42,0	4,99									
8,00	42,0	4,92									
9,00	42,0	4,81									
10,00	42,0	4,68									
10,68	42,0	4,60									
7d		4,48			4,37			4,18			
14d		4,31			4,16			4,03			
ZP20%amg						Trockensubstanz = 19,47%					
YC 183			ABT 21			MSK-Mix			Probat 505		
h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH
0,00	39,6	6,25	0,00	40,5	6,24	0,00	39,8	6,29			
1,00	41,9	5,88	1,00	42,1	5,62	1,00	42,0	6,14			
2,00	42,2	5,28	2,00	42,3	5,32	2,00	42,1	5,74			
3,00	42,0	5,02	3,00	42,2	5,04	3,00	42,1	5,20			
4,00	41,9	4,88	4,00	42,1	4,88	4,00	42,1	4,91			
5,00	41,9	4,77	5,00	42,0	4,75	5,00	42,1	4,79			
6,00	41,9	4,68	6,00	42,0	4,65	6,00	42,1	4,72			
7,00	42,0	4,61	6,03	42,0	4,60	7,00	42,1	4,68			
7,12	42,0	4,60				8,00	42,1	4,65			
						9,00	41,5	4,62			
						9,20	41,6	4,60			
7d		4,43			4,42			4,31			
14d		4,29			4,31			4,18			

Tab. 13: Temperatur-/pH-Verlauf bei Versuch ZP25%amg und ZP25%malz

2632 g Mehl gepoppt/7368 ml Wasser/2,5 ml Termamyl											
Eine Hälfte: + 125g Malz						(ZP25%malz)					
Eine Hälfte: + 1,25 ml AMG						(ZP25%amg)					
ZP25%malz						Trockensubstanz = 25,14%					
YC 183			ABT 21			MSK-Mix			Probat 505		
h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH
0,00	40,0	6,08	0,00	40,6	6,06	0,00	41,3	6,06			
1,00	41,8	5,94	1,00	41,9	5,71	1,00	41,9	5,97			
2,00	42,1	5,51	2,00	42,1	5,14	2,00	42,1	5,69			
3,00	42,0	5,04	3,00	42,0	4,85	3,00	42,1	5,19			
4,00	41,8	5,02	4,00	41,9	4,66	4,00	42,0	5,02			
5,00	41,8	4,99	4,35	42,0	4,59	5,00	42,1	4,83			
6,00	41,9	4,96				6,00	42,2	4,62			
7,00	42,0	4,93				6,17	42,2	4,60			
8,00	42,0	4,88									
9,00	42,0	4,82									
10,00	42,0	4,74									
11,00	42,1	4,64									
11,35	42,1	4,60									
7d		4,54			4,38			4,28			
14d		4,51			4,35			4,22			
ZP25%amg						Trockensubstanz = 23,19%					
YC 183			ABT 21			MSK-Mix			Probat 505		
h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH	h	°C	pH
0,00	40,6	6,16	0,00	40,5	6,16	0,00	40,8	6,18			
1,00	42,0	5,91	1,00	42,1	5,72	1,00	42,0	6,08			
2,00	42,2	5,43	2,00	42,2	5,19	2,00	42,2	5,80			
3,00	42,0	5,05	3,00	42,0	4,95	3,00	42,0	5,34			
4,00	42,0	4,89	4,00	42,0	4,79	4,00	42,1	5,06			
5,00	42,0	4,78	5,00	42,0	4,66	5,00	42,1	4,90			
6,00	41,9	4,69	5,45	42,0	4,59	6,00	42,0	4,81			
6,97	41,9	4,60				7,00	42,0	4,73			
						8,00	42,0	4,66			
						9,00	41,6	4,62			
						9,30	41,8	4,60			
7d		4,47			4,42			4,34			
14d		4,43			4,41			4,30			

Tab. 14: Maltose-/Saccharose-/Glucosegehalt der unfermentierten und fermentierten Amaranthgetränke (Zwischenversuche)

		Maltose (g/l)	Saccharose (g/l)	Glucose (g/l)
ZR20%malz	unfermentiert	82,1	2,5	14,8
	YC 183	83,0	0,6	12,1
	ABT 21	89,4	0,4	12,1
	MSK-Mix	82,1	0,4	11,4
ZR20%amg	unfermentiert	-	-	87,3
	YC 183	-	-	85,1
	ABT 21	-	-	83,8
	MSK-Mix	-	-	83,3
ZT20%malz	unfermentiert	98,3	1,9	6,6
	YC 183	103,2	0,2	4,7
	ABT 21	100,3	0,1	4,2
	MSK-Mix	101,1	0,1	3,9
	Probat 505	101,6	1,9	2,2
ZT20%amg	unfermentiert	-	-	69,7
	YC 183	-	-	65,1
	ABT 21	-	-	65,7
	MSK-Mix	-	-	63,8
	Probat 505	-	-	63,9
ZP20%malz	unfermentiert	88,0	3,3	9,0
	YC 183	90,6	0,3	7,4
	ABT 21	87,3	0,1	6,7
	MSK-Mix	75,0	0,0	5,2
ZP20%amg	unfermentiert	-	-	83,1
	YC 183	-	-	82,8
	ABT 21	-	-	82,4
	MSK-Mix	-	-	80,5

Tab. 15: Einstellungen des Sprühtrockners und Trockensubstanzen der Pulver (Zwischenversuche)

	bar	v	kW	T _E (°C)	T _A (°C)	TS (%)
ZP20%amg	1	2	7	220-235	80-90	94,20
ZP20%malz	2,5	0,5	3	160-170	70-80	96,50
ZP25%amg	2,5	0,5	3	160-170	70-75	96,81
ZP25%malz	2,5	0,5	3	160-170	70-75	96,73

Tab. 16: Viskositätsvergleich vor/nach der Fermentation (Zwischenversuche)

U/min:		10		20		10	20
Medium	Kultur	vor	nach	vor	nach	Differenz	
ZR20%malz	YC 183	61	70	72	86	9	14
	ABT 21	59	62	69	72	3	3
	MSK-Mix	59	67	69	82	8	13
ZR20%amg	YC 183	49	49	59	58	0	-1
	ABT 21	46	51	54	59	5	5
	MSK-Mix	54	48	64	59	-7	-6
ZT15%malz	YC 183	5	6	7	12	1	5
	ABT 21	6	4	8	6	-2	-2
	MSK-Mix	5	5	6	6	0	0
ZT15%amg	YC 183	3	3	5	4	-1	-1
	ABT 21	4	3	6	5	-1	-1
	MSK-Mix	3	3	5	5	0	0
ZT20%malz	YC 183	23	24	29	32	1	3
	ABT 21	23	27	29	32	4	3
	MSK-Mix	23	27	29	34	4	5
ZT20%amg	YC 183	21	17	26	21	-4	-4
	ABT 21	21	21	26	27	-1	1
	MSK-Mix	21	17	26	23	-4	-4
ZT25%malz	YC 183	35	40	44	56	5	12
	ABT 21	39	46	48	56	8	8
	MSK-Mix	35	39	44	52	4	8
ZT25%amg	YC 183	23	22	30	29	-1	-2
	ABT 21	26	26	34	34	0	0
	MSK-Mix	24	25	31	34	1	3
ZP15%malz	YC 183	3	4	4	7	2	3
	ABT 21	3	4	5	6	1	1
	MSK-Mix	4	4	4	6	1	2
	probat 505	4	4	5	6	1	1
ZP15%amg	YC 183	1	3	3	4	2	2
	ABT 21	1	4	2	5	3	2
	MSK-Mix	1	3	2	5	2	3
	probat 505	1	3	3	5	2	2
ZP20%malz	YC 183	9	18	12	33	9	21
	ABT 21	13	10	16	12	-4	-4
	MSK-Mix	10	9	12	12	-1	-1
ZP20%amg	YC 183	2	7	4	9	6	6
	ABT 21	2	8	4	9	6	5
	MSK-Mix	2	6	4	8	4	5
ZP25%malz	YC 183	26	28	33	39	2	7
	ABT 21	31	28	38	34	-4	-4
	MSK-Mix	29	30	36	40	1	5
ZP25%amg	YC 183	3	15	6	18	12	12
	ABT 21	4	17	7	19	13	12
	MSK-Mix	4	14	6	18	10	12

Tab. 17: Temperatur- und pH-Verlauf bei den Fermentationen
Hamg3,9 und Hmalz3,9 mit der Kultur ABT 21 (Hauptversuche)

Hamg3,9			Hmalz3,9		
h	°C	pH	h	°C	pH
0,00	41,5	6,23	0,00	40,4	6,20
1,00	42,2	5,55	1,00	42,0	5,69
2,00	42,0	5,03	2,00	42,1	5,09
3,00	41,9	4,84	3,00	41,8	4,84
4,00	41,7	4,69	4,00	41,9	4,64
5,00	41,6	4,55	5,00	41,9	4,42
6,00	41,5	4,43	6,00	42,0	4,25
7,00	41,5	4,35	7,00	41,9	4,12
8,00	41,5	4,28	8,00	42,0	4,03
9,00	41,4	4,22	9,00	41,9	3,97
10,00	41,4	4,17	10,00	42,0	3,93
11,00	42,0	4,16	10,68	42,0	3,90
12,00	42,2	4,13			
13,00	42,1	4,11			
14,00	41,9	4,08			
15,00	42,0	4,06			
16,00	41,8	4,04			
17,00	41,9	4,02			
18,00	41,7	4,01			
19,00	42,0	3,99			
20,00	42,2	3,98			
21,00	42,2	3,97			
22,00	42,2	3,96			
23,00	42,0	3,95			
24,00	41,9	3,94			
25,00	41,9	3,93			
26,00	41,9	3,93			
27,00	41,8	3,92			
28,00	42,2	3,92			
29,00	42,2	3,91			
30,00	42,2	3,91			
31,00	42,1	3,91			
31,77	42,0	3,90			

Tab. 18: Zutaten und Bewertungen der Amaranthmischgetränke
bei der internen Sensorik (Hauptversuche)

Nr.	Zutaten zu 350 ml fermentiertes Amaranthgetränk	Bewertung
1	4 TL entölter Kakao	+
2	4 TL entölter Kakao, 1 TL Vanillezucker	++
3	4 TL entölter Kakao, 2 TL Vanillezucker	+
4	10 TL geriebene Mandeln	+
5	10 TL geriebene Mandeln, 1 TL Vanillezucker	+
6	10 TL geriebene Mandeln, 1 TL Vanillezucker, Kardamon	++
7	7 TL Haselnüsse, 1 TL Vanillezucker	+
8	¾ Banane	+
9	¾ Banane, 1 TL Vanillezucker	++
10	4 TL löslicher Kaffee, 1 TL Vanillezucker	--

Tab. 19: Absolute Viskosität, Trockensubstanz und Farbe
der Getränke der Hauptversuche

	Viskosität [N s m ⁻²]			Trockensubstanz [%mas]		Farbe [L*a*b*]					
	Spindel	10 U/min	20 U/min	Getränk	Pulver	Getränk			Pulver		
						L*	a*	b*	L*	a*	b*
Hamg	1	0,113	0,074	19,18	-	49,2	8,7	19,2	-	-	-
Hamg4,5	1	0,125	0,080	19,00	97,49	49,4	8,8	18,8	65,1	8,2	21,0
Hamg4,1	1	0,115	0,073	19,06	97,60	49,9	9,0	19,1	66,6	8,1	21,2
Hamg3,9	1	0,113	0,071	18,85	96,99	49,7	9,1	19,1	64,1	8,6	21,3
Hmalz	1	0,168	0,108	20,71	-	45,4	8,6	18,5	-	-	-
Hmalz4,5	1	0,140	0,089	20,66	97,98	46,5	8,8	18,7	80,8	3,8	13,3
Hmalz4,1	1	0,133	0,085	20,59	97,21	47,8	9,2	18,9	81,1	3,8	13,8
Hmalz3,9	1	0,158	0,099	20,67	97,74	47,6	9,3	19,1	80,6	4,2	14,2
Mandel	1	0,200	0,141	24,64	-	55,0	7,6	18,9	-	-	-
Banane	1	0,655	0,400	21,45	-	48,8	8,1	16,8	-	-	-
Kakao	1	0,065	0,053	23,61	-	38,5	8,9	14,1	-	-	-
Joghurt	3	7,300	4,013	-	-	-	-	-	-	-	-
Buttermilch	3	1,500	0,900	-	-	-	-	-	-	-	-
Milch	1	-	0,008	-	-	-	-	-	-	-	-
Kaffee hell	-	-	-	-	-	50,6	9,2	21,4	-	-	-

Tab. 20: Sedimentation, pH-Wert, Säuregrad und Milchsäuregehalt
der Getränke der Hauptversuche

	Sedimentation [Rückstand in %mas]		pH-Wert		Säure- Grad [°SH]	Gesamt- säure [g/l]	Milchsäure [g/l]		
	Getränk	resuspen- -diertes Pulver	Getränk	resuspen- -diertes Pulver		(berechnet als Milch- säure)	D-(-) Milch- säure	L-(+) Milch- säure	Gesamt
Hamg	27,10	-	6,39	-	1,39	0,3	-	-	-
Hamg4,5	31,38	29,85	4,50	4,63	21,10	4,8	0,1	3,5	3,6
Hamg4,1	30,91	30,01	4,11	4,26	31,77	7,2	0,3	4,4	4,7
Hamg3,9	30,75	29,17	3,88	4,01	41,20	9,3	2,0	6,0	8,0
Hmalz	33,03	-	6,16	-	3,04	0,7	-	-	-
Hmalz4,5	35,87	26,11	4,48	4,61	25,17	5,7	0,3	3,5	3,8
Hmalz4,1	35,41	25,01	4,04	4,10	38,14	8,6	1,7	4,5	6,2
Hmalz3,9	34,62	26,05	3,89	3,93	45,36	10,2	3,0	5,8	8,8
Mandel	-	-	4,97	-	-	-	-	-	-
Banane	-	-	4,56	-	-	-	-	-	-
Kakao	-	-	4,82	-	-	-	-	-	-
Joghurt	-	-	4,48	-	25,97	5,8	n.n.	6,6	6,6

**Tab. 21 a und b: Mann-Whitney Test
mit Hmalz4,5 (1) und Hamg4,5 (2)**
(Erläuterung, Interpretation und Testentscheidung im Text)

Ranks				
	probe	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Aussehen	1	40	35,49	419,50
	2	40	45,51	820,50
	Total	80		
Geruch	1	40	35,92	437,00
	2	40	45,08	803,00
	Total	80		
Saeure	1	40	38,92	557,00
	2	40	42,08	683,00
	Total	80		
Suesse	1	40	46,03	841,00
	2	39	33,82	319,00
	Total	79		
Bittergeschm	1	40	37,99	519,50
	2	40	43,01	720,50
	Total	80		
Mundgefühl	1	40	37,29	491,50
	2	40	43,71	748,50
	Total	80		
Gesamteindr	1	40	34,58	383,00
	2	40	46,42	857,00
	Total	80		

Test Statistics ^a							
	Aussehen	Geruch	Saeure	Suesse	Bittergeschmack	Mundgefühl	Gesamteindruck
Mann-Whitney U	599,500	617,000	737,000	539,000	699,500	671,500	563,000
Wilcoxon W	1419,500	1437,000	1557,000	1319,000	1519,500	1491,500	1383,000
Z	-1,930	-1,762	-,607	-2,366	-,967	-1,237	-2,281
Asymp. Sig. (2-tailed)	,054	,078	,544	,018	,333	,216	,023

a. Grouping Variable: probe

Tab. 22 a und b:Kruskal-Wallis Test Mandel (3), Banane (4), Kakao (5)
(Erläuterung, Interpretation und Testentscheidung im Text)

Ranks					
	probe	N	Mean Rank		
Aussehen	3	40	46,46		
	4	40	67,01		
	5	40	68,03		
	Total	120			
Aroma	3	40	55,11		
	4	40	63,46		
	5	40	62,92		
	Total	120			
Geschmack	3	40	58,94		
	4	40	83,32		
	5	40	39,24		
	Total	120			
Mundgefühl	3	39	51,97		
	4	40	83,04		
	5	39	42,88		
	Total	118			
Gesamteindruck	3	40	58,11		
	4	40	84,57		
	5	40	38,81		
	Total	120			

Test Statistics ^{a, b}					
	Aussehen	Aroma	Geschmack	Mundgefühl	Gesamteindruck
Chi-Square	9,792	1,444	32,261	30,038	34,911
df	2	2	2	2	2
Asymp. Sig.	,007	,486	,000	,000	,000
a. Kruskal Wallis Test					
b. Grouping Variable: probe					

Tab. 23 a und b:Mann-Whitney Test Mandel (3) und Banane (4)
(Erläuterung, Interpretation und Testentscheidung im Text)

Ranks				
	probe	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Aussehen	3	40	32,96	1318,50
	4	40	48,04	1921,50
	Total	80		
Aroma	3	40	37,59	1503,50
	4	40	43,41	1736,50
	Total	80		
Geschmack	3	40	32,39	1295,50
	4	40	48,61	1944,50
	Total	80		
Mundgefühl	3	39	29,72	1159,00
	4	40	50,03	2001,00
	Total	79		
Gesamteindruck	3	40	31,74	1269,50
	4	40	49,26	1970,50
	Total	80		

Test Statistics ^a					
	Aussehen	Aroma	Geschmack	Mundgefühl	Gesamteindruck
Mann-Whitney U	498,500	683,500	475,500	379,000	449,500
Wilcoxon W	1318,500	1503,500	1295,500	1159,000	1269,500
Z	-2,902	-1,121	-3,124	-3,933	-3,374
Asymp. Sig. (2-tailed)	,004	,262	,002	,000	,001
a. Grouping Variable: probe					

Tab. 24 a und b: Mann-Whitney Test Mandel (3) und Kakao (5)
(Erläuterung, Interpretation und Testentscheidung im Text)

Ranks				
	probe	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Aussehen	3	40	34,00	1360,00
	5	40	47,00	1880,00
	Total	80		
Aroma	3	40	38,03	1521,00
	5	40	42,97	1719,00
	Total	80		
Geschmack	3	40	47,05	1882,00
	5	40	33,95	1358,00
	Total	80		
Mundgefühl	3	39	42,26	1648,00
	5	39	36,74	1433,00
	Total	78		
Gesamteindruck	3	40	46,88	1875,00
	5	40	34,13	1365,00
	Total	80		

Test Statistics ^a					
	Aussehen	Aroma	Geschmack	Mundgefühl	Gesamteindruck
Mann-Whitney U	540,000	701,000	538,000	653,000	545,000
Wilcoxon W	1360,000	1521,000	1358,000	1433,000	1365,000
Z	-2,503	-,953	-2,522	-1,075	-2,454
Asymp. Sig. (2-tailed)	,012	,341	,012	,283	,014

a. Grouping Variable: probe

Tab. 25 a und b: Mann-Whitney Test Banane (4) und Kakao (5)
(Erläuterung, Interpretation und Testentscheidung im Text)

Ranks				
	probe	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Aussehen	4	40	39,47	1579,00
	5	40	41,53	1661,00
	Total	80		
Aroma	4	40	40,55	1622,00
	5	40	40,45	1618,00
	Total	80		
Geschmack	4	40	55,21	2208,50
	5	40	25,79	1031,50
	Total	80		
Mundgefühl	4	40	53,51	2140,50
	5	39	26,14	1019,50
	Total	79		
Gesamteindruck	4	40	55,81	2232,50
	5	40	25,19	1007,50
	Total	80		

Test Statistics ^a					
	Aussehen	Aroma	Geschmack	Mundgefühl	Gesamteindruck
Mann-Whitney U	759,000	798,000	211,500	239,500	187,500
Wilcoxon W	1579,000	1618,000	1031,500	1019,500	1007,500
Z	-,395	-,019	-5,664	-5,302	-5,896
Asymp. Sig. (2-tailed)	,693	,985	,000	,000	,000

a. Grouping Variable: probe

11 Abbildungen

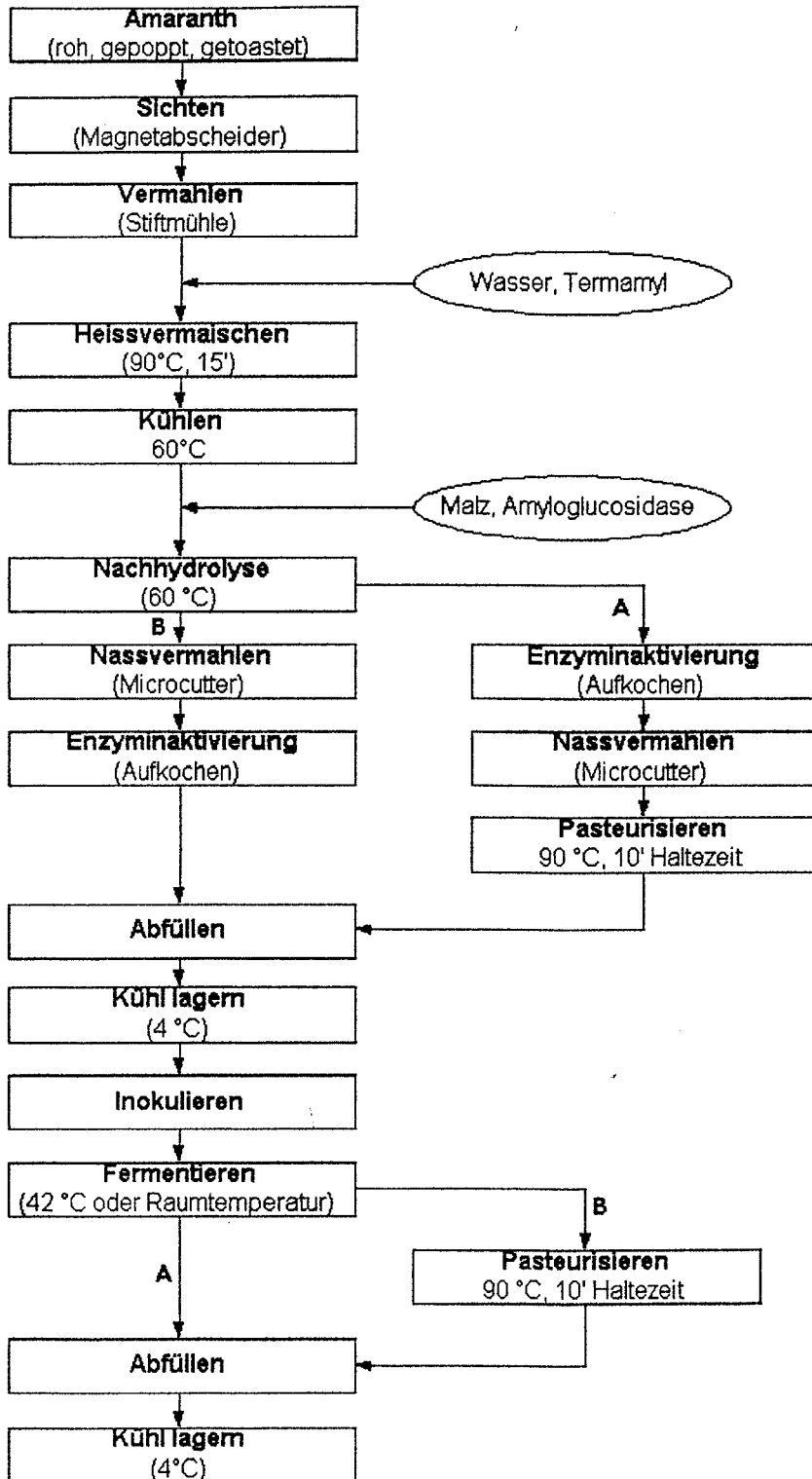


Abb. 1: Herstellung von fermentiertem Amaranthgetränk (Flussdiagramm)



Abb. 2: Geräteanordnung bei der Fermentation in den Zwischenversuchen *

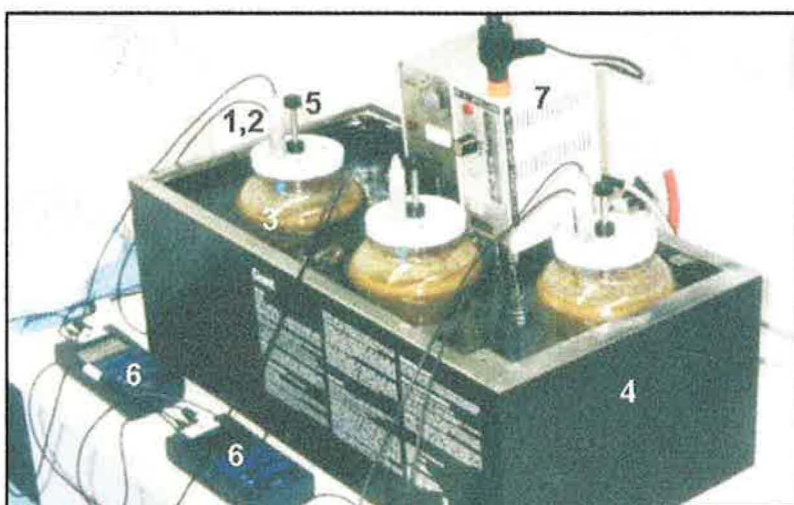


Abb. 3: Geräteanordnung bei der Fermentation in den Hauptversuchen *

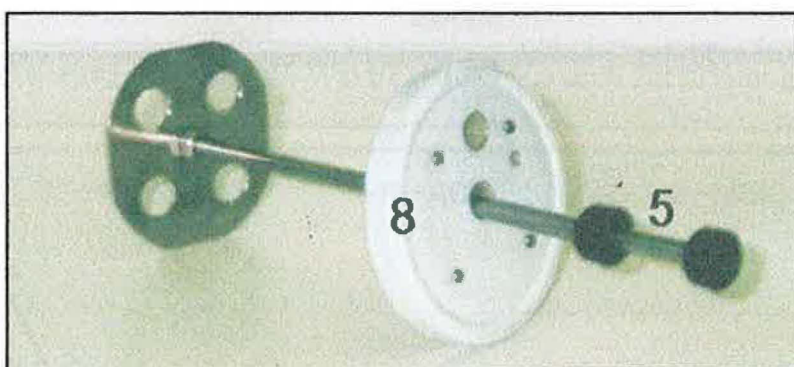


Abb. 4: Mischer bei der Fermentation in den Hauptversuchen *

* Legende:

- | | | |
|-----------------------|------------------|-----------------------|
| (1) pH-Elektrode | (4) Wasserbad | (7) Thermostat |
| (2) Temperaturfühler | (5) Mischergriff | (8) Schraubverschluss |
| (3) Fermentationsglas | (6) pH-Meter | |

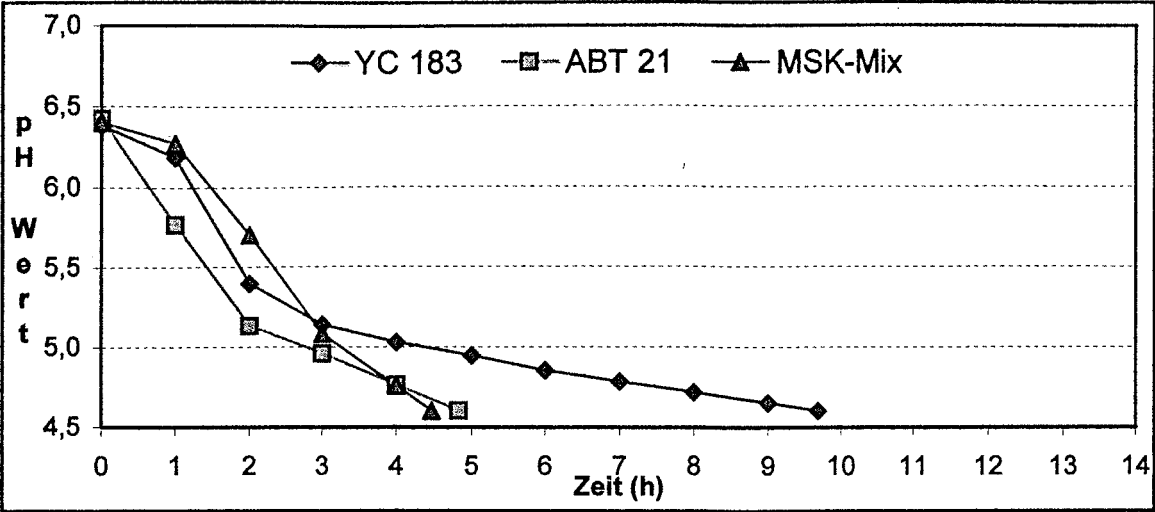


Abb. 5: Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZR20%malz

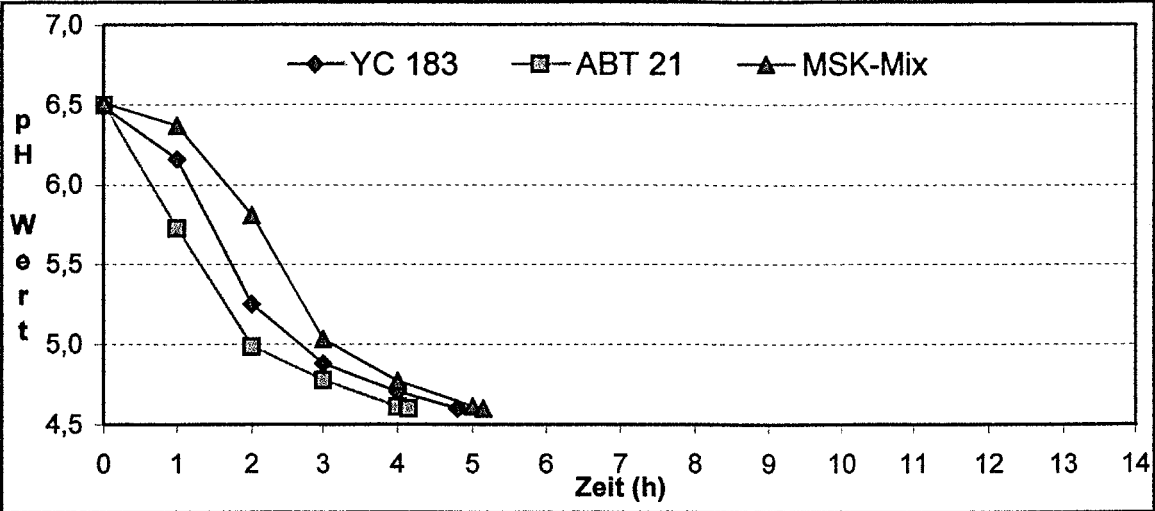


Abb. 6: Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZR20%amg

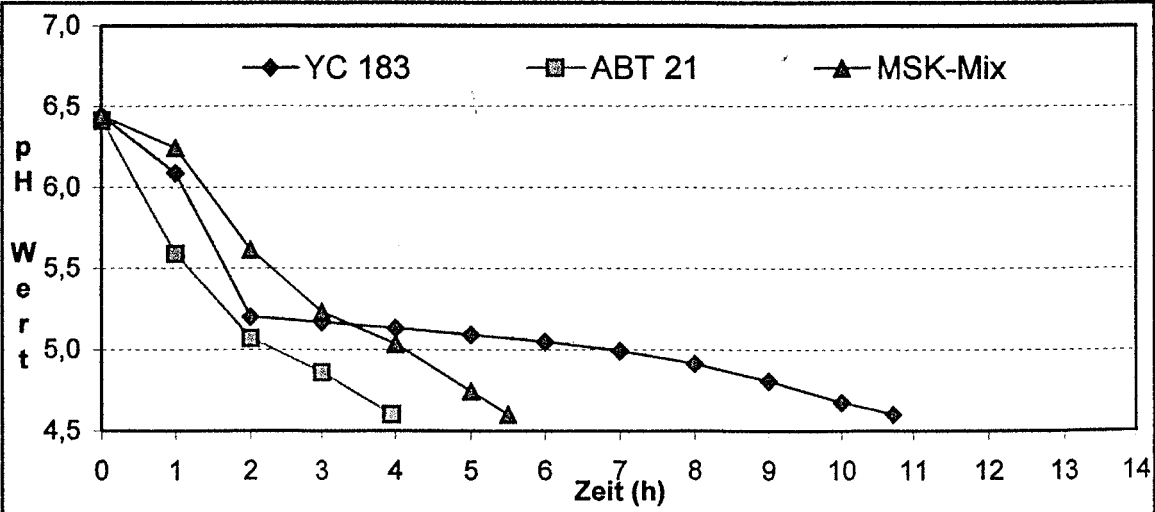


Abb. 7: Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZT15%malz

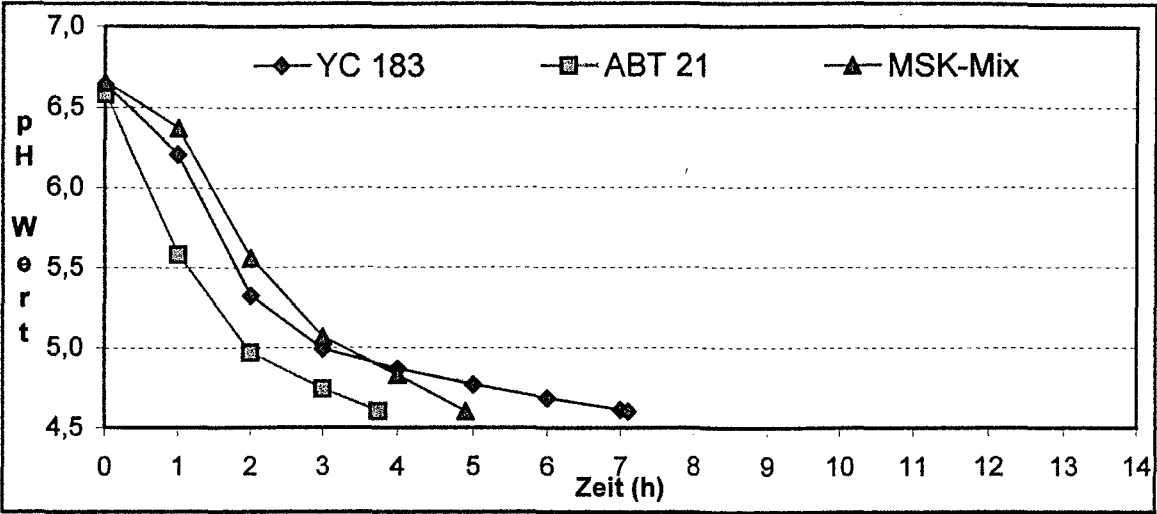


Abb. 8: Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZT15%amg

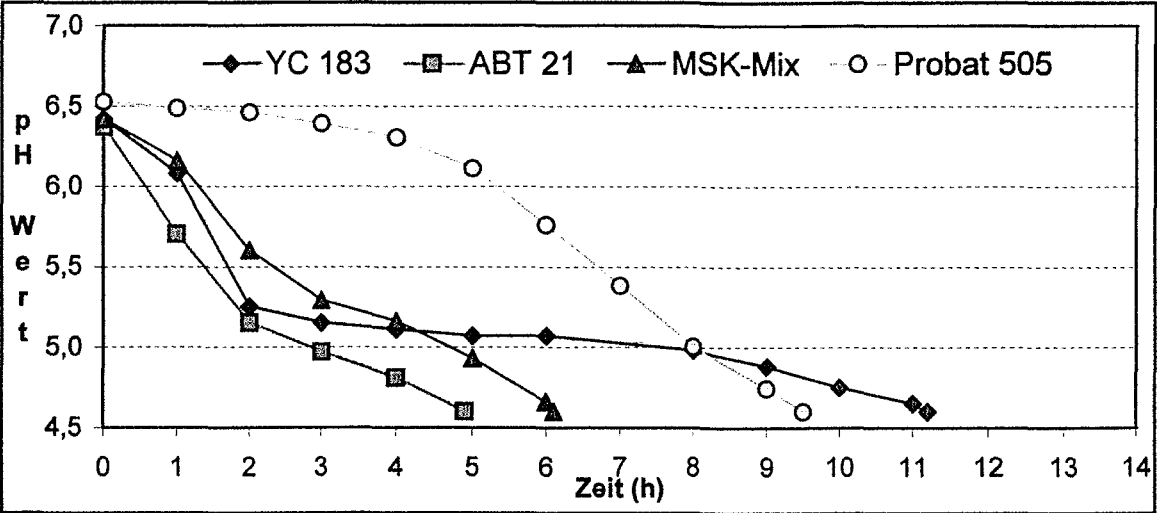


Abb. 9: Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZT20%malz

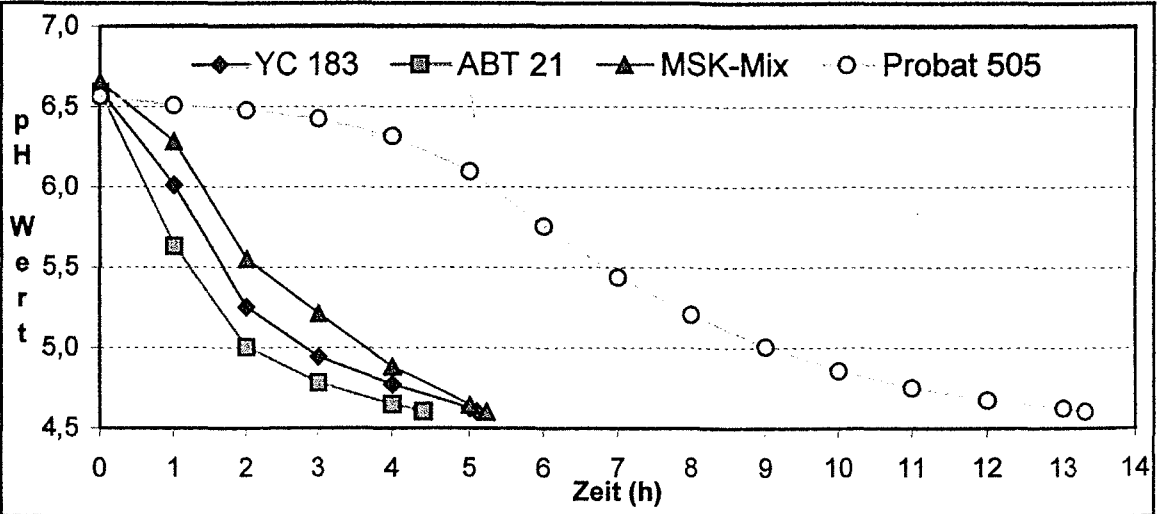


Abb. 10: Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZT20%amg

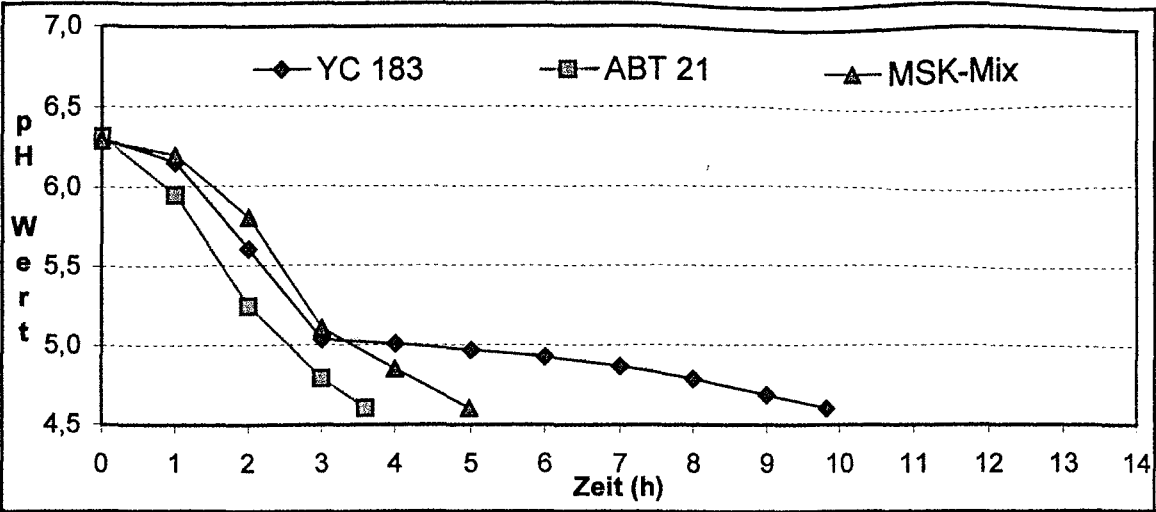


Abb. 11: Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZT25%malz

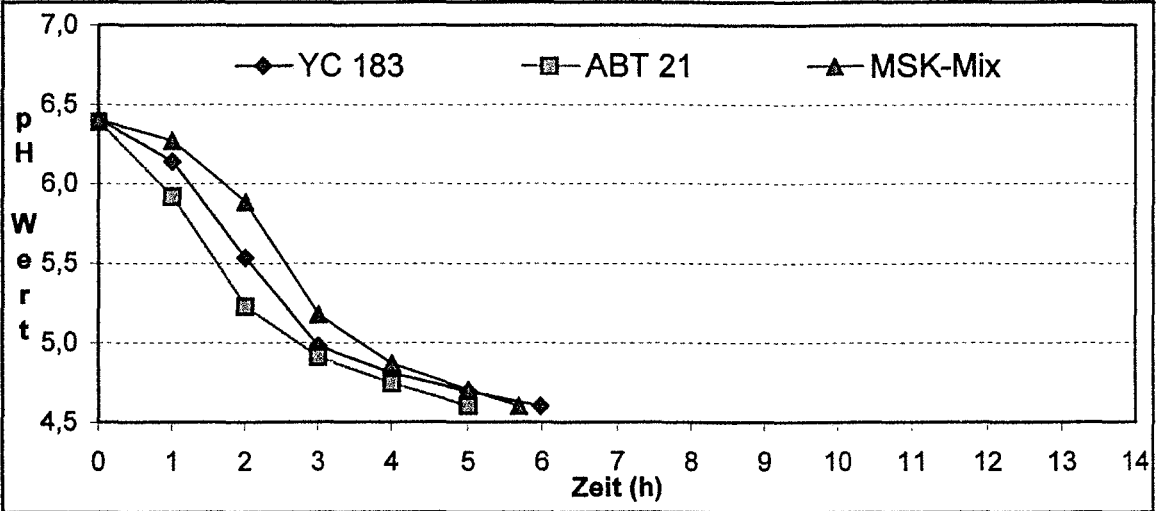


Abb. 12: Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZT25%amg

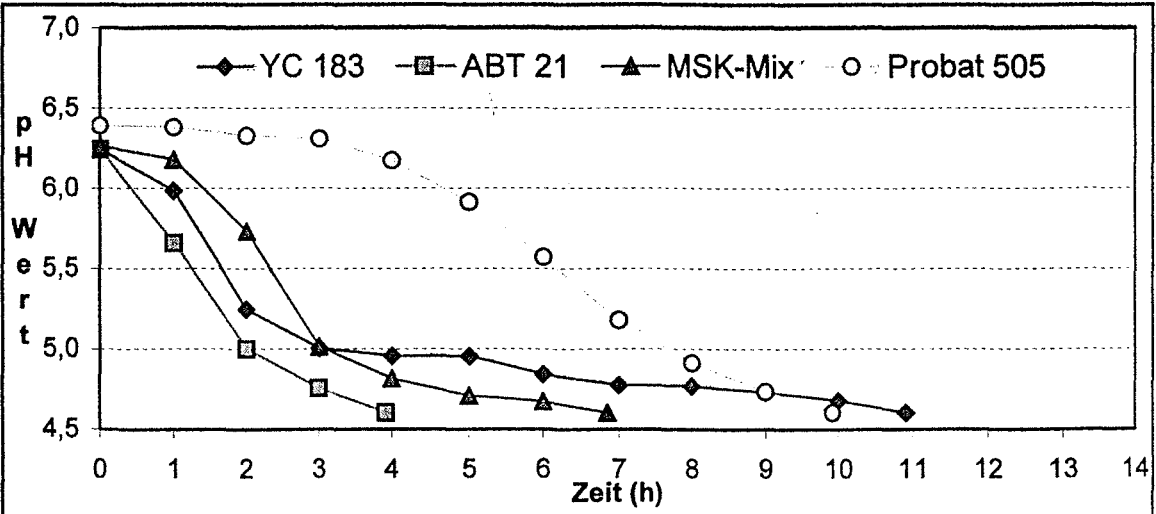


Abb. 13: Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZP15%malz

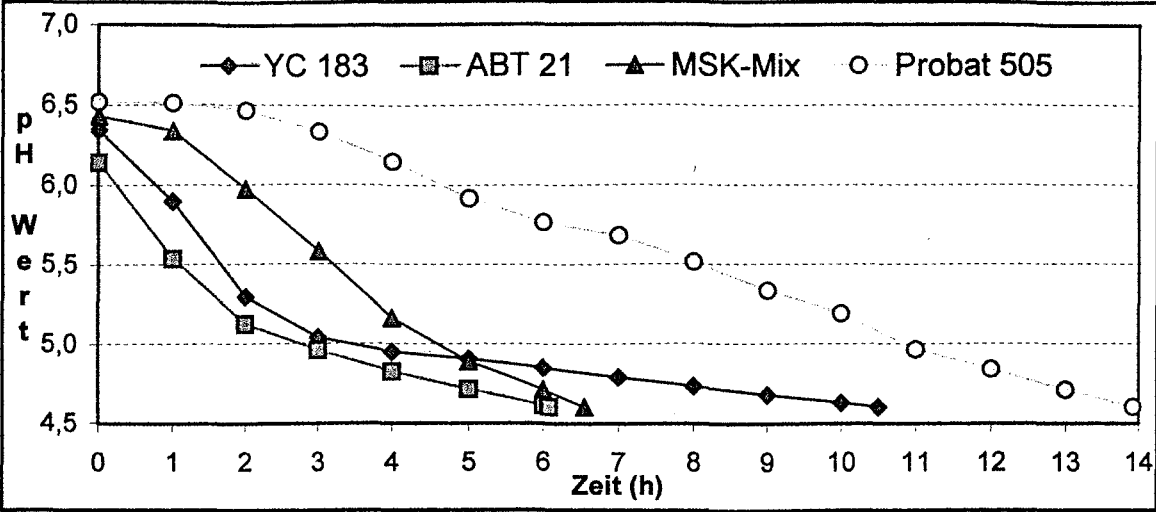


Abb. 14: Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZP15%amg

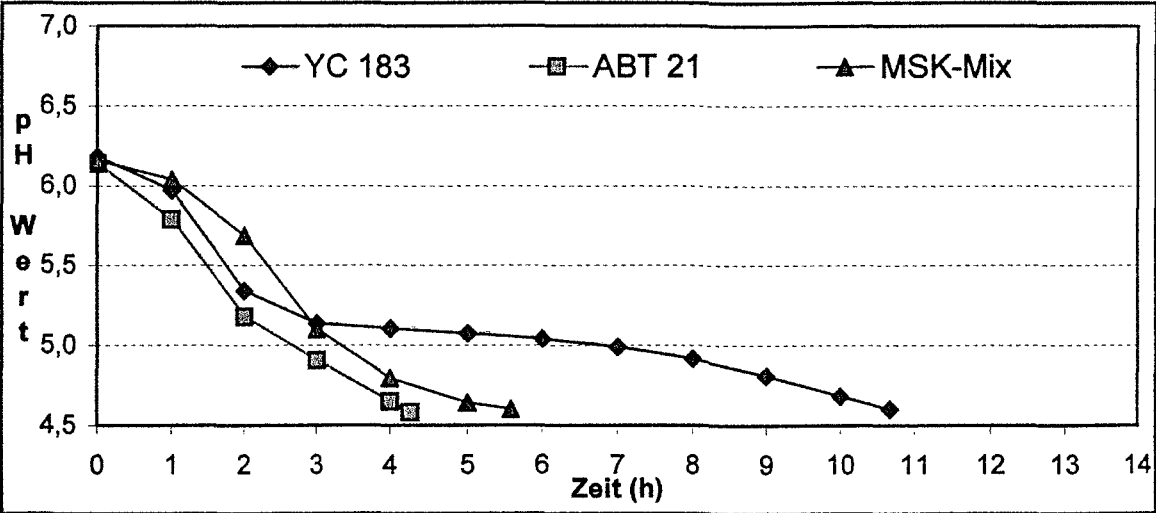


Abb. 15: Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZP20%malz

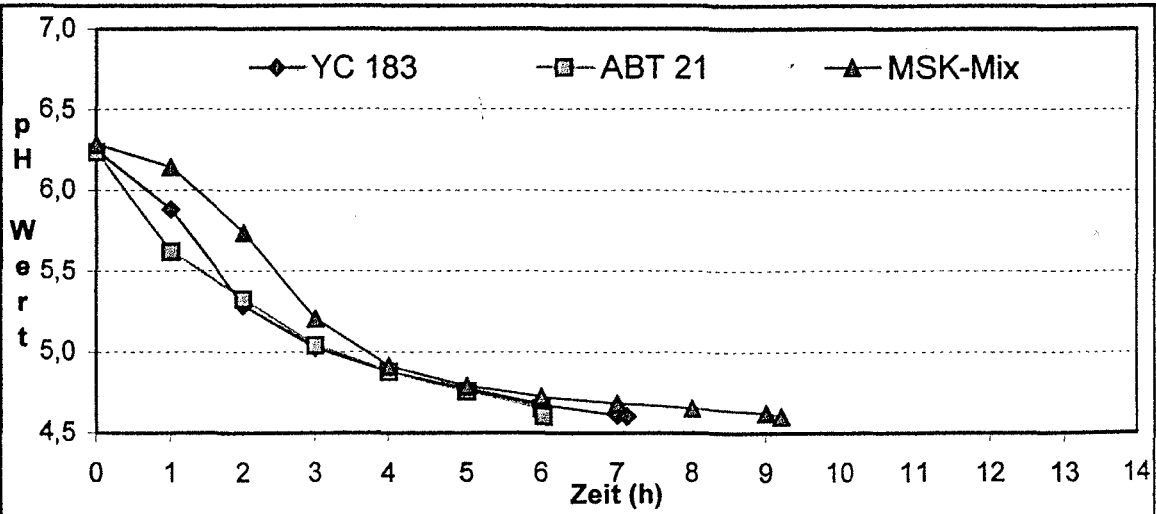


Abb. 16: Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZP20%amg

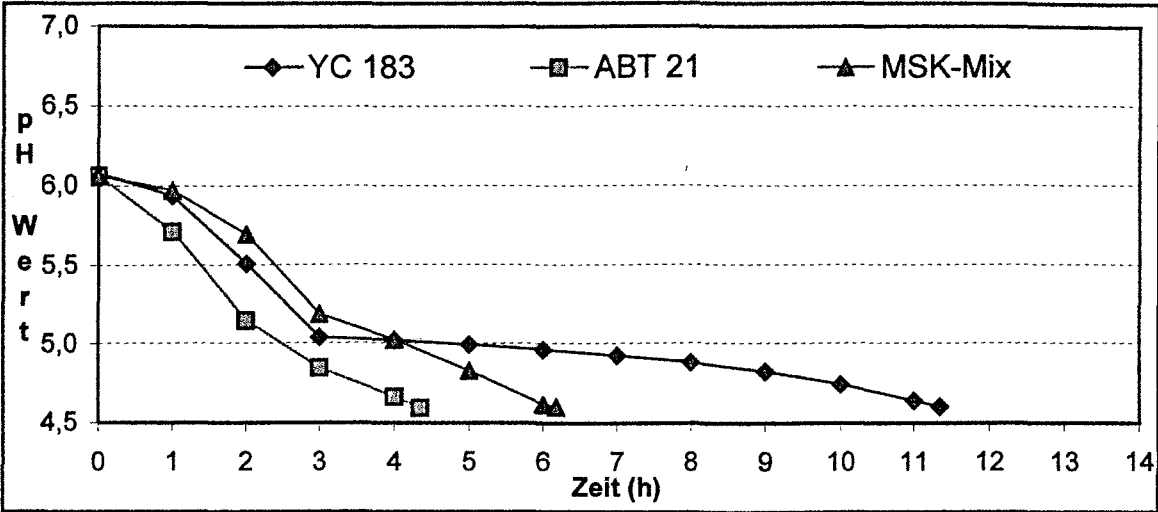


Abb. 17: Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZP25%malz

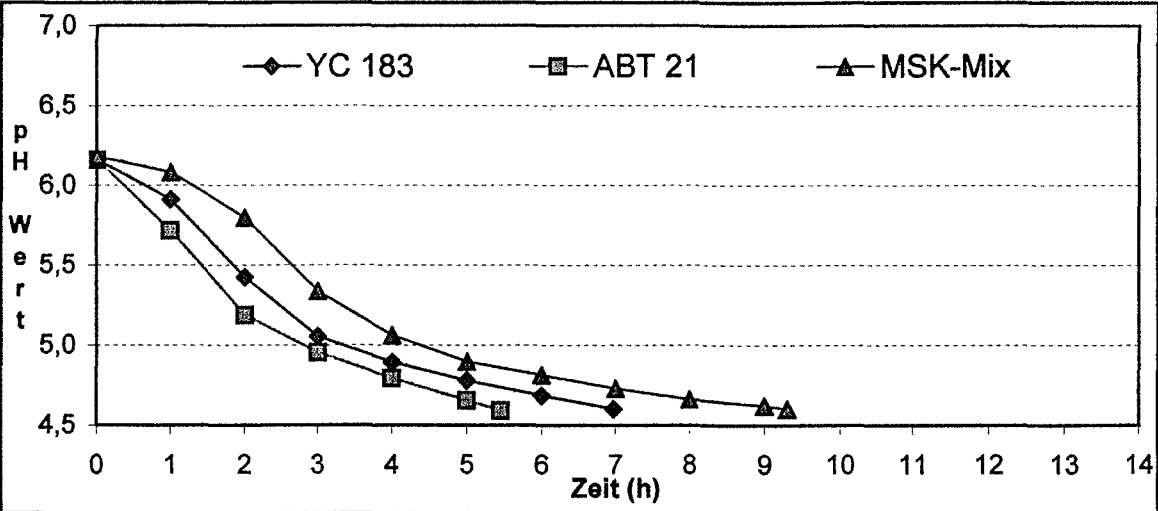


Abb. 18: Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch ZP25%amg

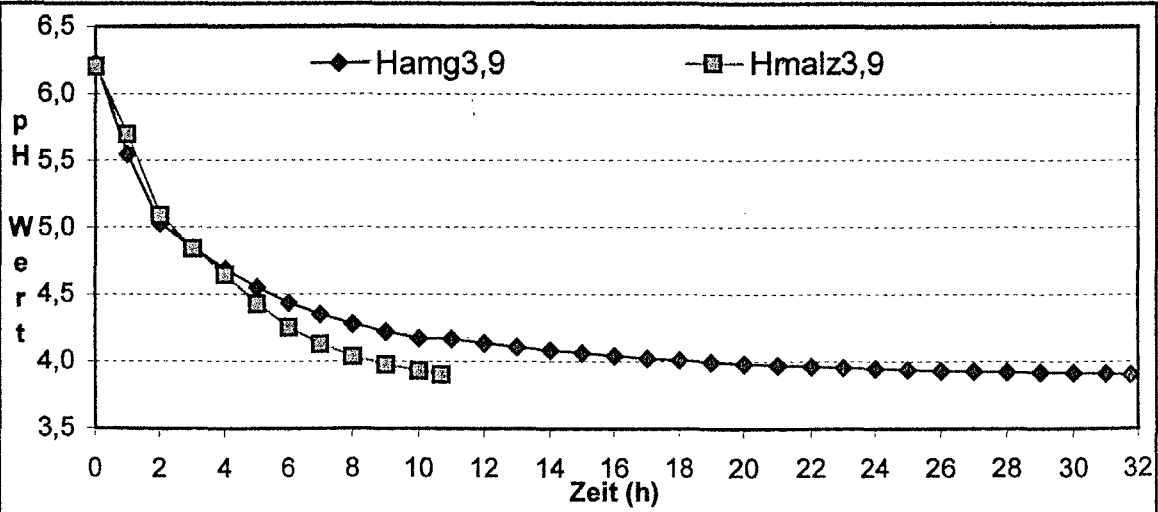


Abb. 19: Säuerungsverlauf (pH-Wert/Zeit) bei Versuch Hmalz3,9 und Hamg3,9

Verkostung milchsauer fermentiertes Amaranthgetränk

Name:

Probennummern:

Bitte bewerten Sie die beiden Proben anhand der angeführten Merkmale. Halten Sie die Reihenfolge der Merkmalsbewertung unbedingt ein. Rückkosten ist erlaubt. Kommentare sind erwünscht und können ganz unten auf dem Testblatt formuliert werden.

Betrachten Sie die Proben und bewerten Sie das Aussehen

nicht ansprechend ☹

☺ ansprechend

Riechen Sie an den Proben und bewerten Sie den Geruch

unangenehm ☹

☺ angenehm

Kosten Sie die Proben und bewerten Sie...

...die Säure

zu sauer ☹

☺

☹ zu wenig sauer

...die Süße

zu süß ☹

☺

☹ zu wenig süß

...den Bittergeschmack

bitter ☹

☺ nicht bitter

...das Mundgefühl

sandig ☹

☺ nicht sandig

Beurteilen Sie den Gesamteindruck

schlecht ☹

☺ gut

Kommentar:

Abb. 20: Faksimile des Sensoriktestblattes für fermentiertes Amaranthgetränk ohne Zuätze

Verkostung milchsauer fermentiertes Amaranthgetränk mit Zusätzen

Name: _____ Probennummern: _____ / _____ / _____
Bitte bewerten Sie die drei Proben anhand der angeführten Merkmale. Halten Sie die Reihenfolge der Merkmalsbewertung unbedingt ein. Rückkosten ist erlaubt. Kommentare sind erwünscht und können ganz unten auf dem Testblatt formuliert werden.

Betrachten Sie die Proben und bewerten Sie das Aussehen:

nicht ansprechend ☹ | _____ | ☺ ansprechend

Riechen Sie an den Proben und bewerten Sie das Aroma:

unangenehm ☹ | _____ | ☺ angenehm

Kosten Sie die Proben und bewerten Sie...**...den Geschmack:**

nicht harmonisch ☹ | _____ | ☺ harmonisch

...das Mundgefühl:

nicht cremig ☹ | _____ | ☺ cremig

Beurteilen Sie den Gesamteindruck

schlecht ☹ | _____ | ☺ gut

Kommentar:

**Abb. 21: Faksimile des Sensoriktestblattes
für fermentiertes Amaranthgetränk mit Zusätzen**

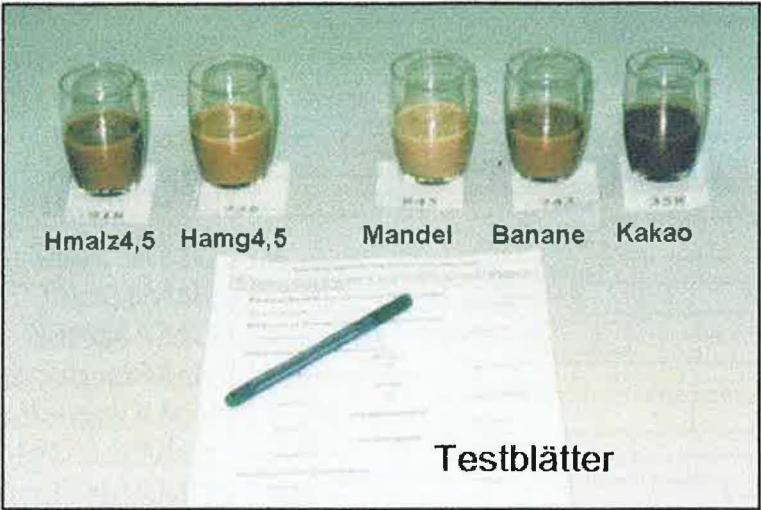


Abb. 22: Sensorikproben mit Nummerierung sowie Testblätter

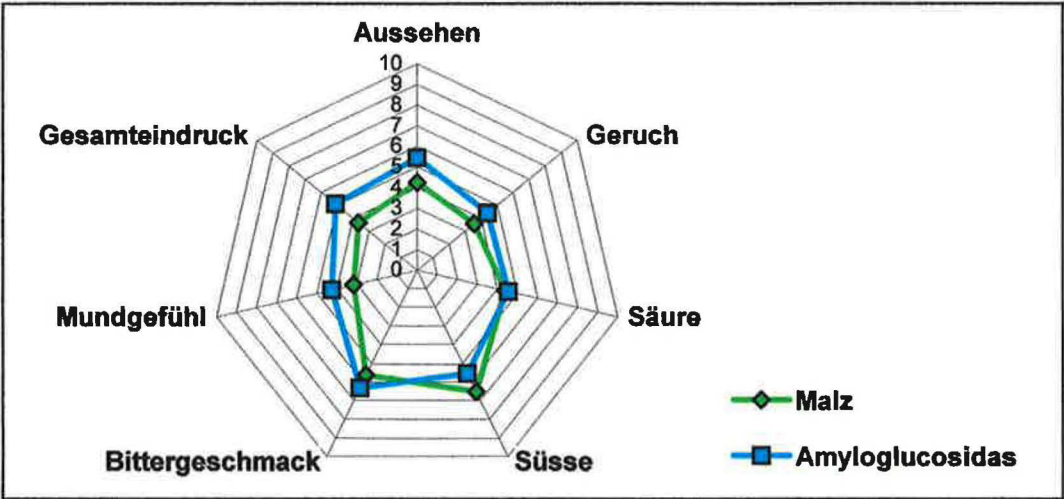


Abb. 23: Merkmalsmittelwerte des Sensoriktests für Amaranthgetränke ohne Zusätze (Hmalz4,5 und Hamg4,5) im Netzdiagramm

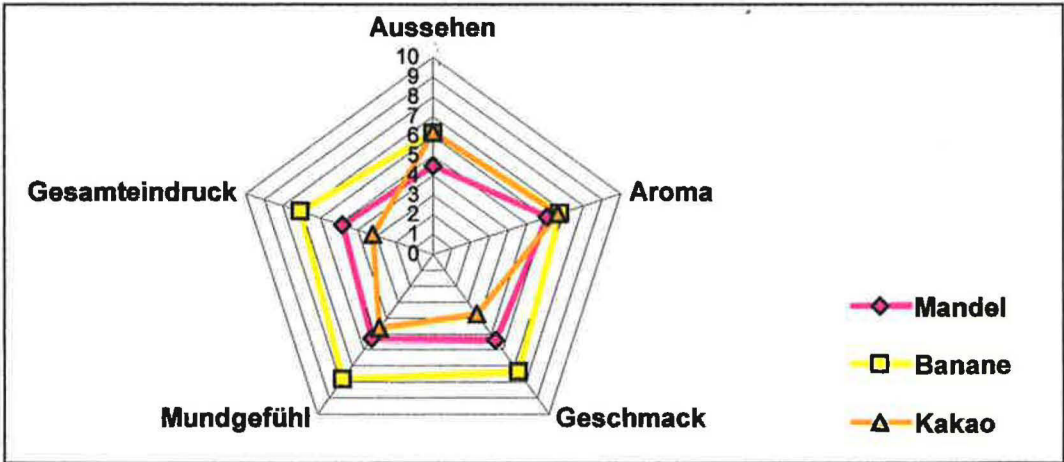


Abb. 24: Merkmalsmittelwerte des Sensoriktests für Amaranthgetränke mit Zusätzen (Mandel, Banane, Kakao) im Netzdiagramm

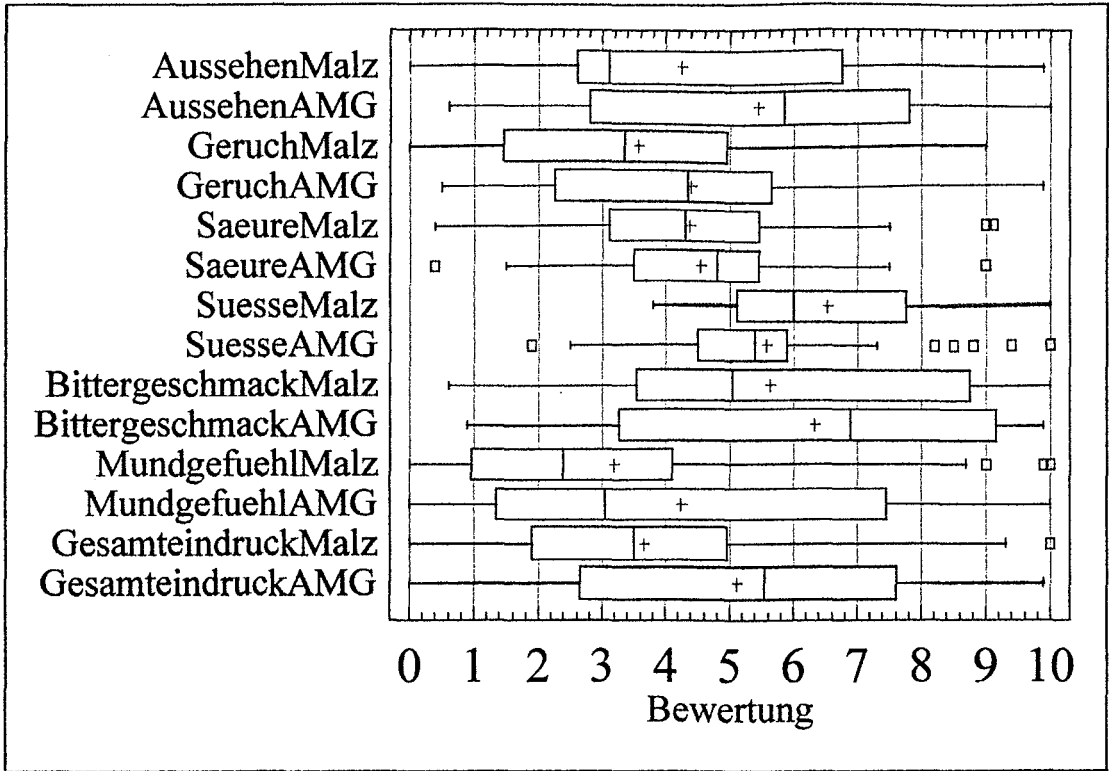


Abb. 25: Box-and-Whiskerplots der Merkmale des Sensoriktests für Amaranthgetränke ohne Zusätze (Hmalz4,5 und Hamg4,5)*

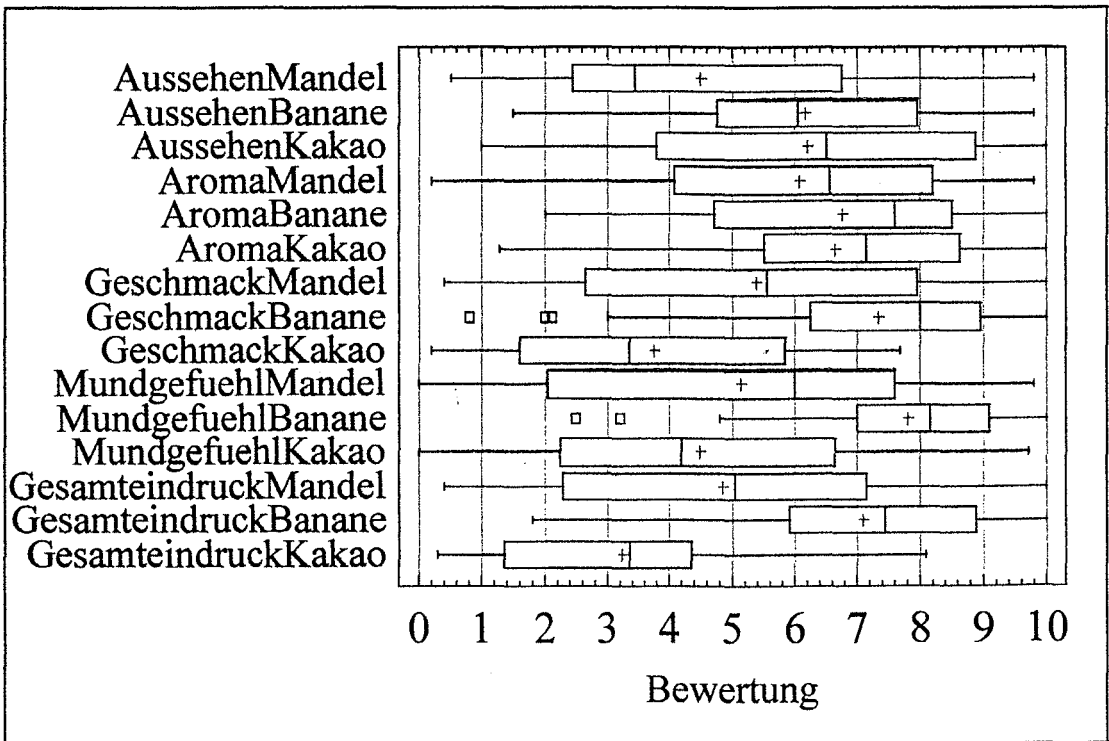


Abb. 26: Box-and-Whiskerplots der Merkmale des Sensoriktests für Amaranthgetränke mit Zusätzen (Mandel, Banane, Kakao)*

* ...Box: 25. und 75. Perzentile, Kreuz: Mittelwert, Strich: Median, whiskers: Extremwerte

12 Literatur

- ABRAHAM, A. G.; DE ANTONI, G. L. (1999): Characterization of kefir grains grown in cows' milk and in soya milk. *Journal of Dairy Research* 66, 327-333.
- AFANAS'EVA, V. S.; KUZNETSOVA, E. N.; SPIRENKOVA, A. M. (1992): [Fermented vegetable juices.]. *Pishchevaya Promyshlennost'*, USSR 1, 22-23.
- ANGELES, A. G.; MARTH, E. H. (1971): Growth and activity of lactic acid bacteria in soymilk. I. Growth and acid production. *Journal of Milk and Food Technology* 34, 30-36.
- ANONYMOUS: Grundlagen der Farb- und Glanzmessung (Handbuch zum Farbmessgerät MICROCOLOR LMG 051). Dr. Bruno Lange, Industriemesstechnik, Düsseldorf.
- ANONYMOUS (1973): Bedienungsanleitung für Sprühtrockner ANHYDRO "Lab S1". Anhydro, Copenhagen.
- ANONYMOUS (1995): Lupin seeds: a new source for protein and dietary fibre. *Food Tech Europe* 2, 48.
- ANONYMOUS (2002a): <www.naturkost.de/aktuell/sk9810e5.htm> (21.02.2002)
- ANONYMOUS (2002b): <www.kombu.de/kwass.htm> (21.02.2002)
- ANONYMOUS (2002c): <www.gesundheitstrends.de> (19.02.02)
- ANONYMOUS (2002d): <www.rabenhorst.de/produkte/sauerkrautsaft.html>, (19.02.2002)
- ARIYAMA, H. (1963): Process for the manufacture of a synthetic yoghurt from soybean. Nr. U.S. Patent 3,096,177 July 2.
- BAERWALD, G. (1988): [The origin of bread-based beverages.] Ueber den Ursprung der Brotgetraenke. *Getreide, Mehl und Brot* 42, 335-338.
- BAUER-PETROVSKA, B.; PETRUSHEVSKA-TOZI, L. (2000): Mineral and water soluble vitamin content in the kombucha drink. *International Journal of Food Science & Technology* 35, 201-205.
- BELITZ, H.-D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. (2001): *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- BENK, E. (1986): [A new non-alcoholic drink made of bread.] Ein neues alkoholfreies Getraenk aus Brot. *Ernaehrungs Umschau* 33, 252-253.

- BERGHOFER, E. (1987): Nutzung außereuropäischer, fermentierter Lebensmittel für heimische Zwecke. Ernährung/Nutrition 11, 14-22.
- BEUCHAT, L. R.; NAIL, B. J. (1978): Fermentation of peanut milk with *Lactobacillus bulgaricus* and *L. acidophilus*. Journal of Food Science 43, 1109-1112.
- BgVV (Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin, 1999): Abschlussbericht der Arbeitsgruppe "Probiotische Mikroorganismenkulturen in Lebensmitteln". <www.bgvv.de> (18.02.2002)
- BLANC, P. J. (1996): Characterization of the tea fungus metabolites. Biotechnology Letters 18, 139-142.
- BRESSANI, R. (1993): Amaranth. In: Encyclopaedia of food science, food technology and nutrition (R. MACRAE; R. K. ROBINSON; M. SADLER, Hrsg.). Academic Press, London - San Diego, S. 135-140.
- BUCKER, E. R., JR.; MITCHELL, J. H., JR.; JOHNSON, M. G. (1979): Lactic fermentation of peanut milk. Journal of Food Science 44, 1534-1538.
- CAMACHO, L.; SIERRA, C.; MARCUS, D.; GUZMAN, E.; CAMPOS, R.; BAEER, D. V.; TRUGO, L. (1991): Nutritional quality of lupine (*Lupinus albus* cv. Multolupa) as affected by lactic acid fermentation. International Journal of Food Microbiology 14, 277-286.
- CHENG-CHOU, C.; JEN-WAN, H. (2000): Growth of bifidobacteria in soymilk and their survival in the fermented soymilk during storage. International Journal of Food Microbiology 56, 113-121.
- CHOPRA, R.; PRASAD, D. N. (1990): Soymilk and lactic fermentation products - a review. Microbiologie Aliments Nutrition 8, 1-13.
- COLLADO, L. S.; MABESA, R. C.; SUMAGUE, M. J. V.; MOK, C. K. (1994): Yogurt-like products from riceflour and soymilk. Philippine Agriculturist 77, 307-319.
- DESHPANDE, S. S.; SALUNKHE, D. K.; OYEWOLE, O. B.; AZAM ALI, S.; BATTCOCK, M.; BRESSANI, R. (2000): Fermented grain legumes, seeds and nuts. A global perspective. FAO, Rome. 92-95.
- DIRAR, H. A. (1993): The Indigenous Fermented Foods of the Sudan - A Study in African Food and Nutrition. CAB International, Wallingford.
- DUELSEN, H. J.; MOHR, E. (1988): [Preparation of a bread-based lactic beverage with high nutritional value and long shelf life.] Die Herstellung eines milchsauren,

langzeithaltbaren Getraenkes auf Brotbasis mit hohem ernahrungsphysiologischem Wert. German Federal Republic Patent Application Nr. DE 3706303 A1.

EFIUVWEVWERE, B. J. O.; AKONA, O. (1995): The microbiology of kunun-zaki, a cereal beverage from northern Nigeria, during the fermentation (production) process. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 11, 491-493.

EISENBRAND, G.; SCHREIER, P. (1995): *Römp Lexikon Lebensmittelchemie*. Thieme Verlag, Stuttgart-New York.

FLIEDNER, I. (1993): *Grundlagen und Prüfverfahren der Lebensmittelsensorik*. Behr's Verlag, Hamburg.

FREY, I.; ARRIGONI, E.; AMADÒ, R. (2001): Kritische Betrachtung von Pro- und Prebiotika anhand von Humanstudien. *Ernaehrung/Nutrition* 25, 485-500.

GUILLET-SCHEEL, W. E. (1991): Efecto de la fermentación sobre el valor nutritivo, funcionabilidad y uso del grano crudo y procesado del amaranto (*Amaranthus* sp.) - Effects of fermentation on the nutritive value, functionality and use of raw and processed amaranth grains (*Amaranth* sp.). Master Thesis Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

HOLZAPFEL, W. H. (1989): Industrialization of Megeu Fermentation in South Africa. In: *Industrialization of Indigenous Fermented Foods* (K. H. STEINKRAUS, Hrsg.). Marcel Dekker, New York - Basel, 285-328.

KALININA, T. M.; KOSMINSKII, G. I.; TRILINSKAYA, E. A. A. I. A. (1996): New sauerkraut juice-based soft drinks. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Pishchevaya Tekhnologiya* 1, 40-41.

KANNE, W. (1982): [Method for producing a dietetic beverage and the beverage obtained.] Verfahren zur Herstellung eines diaetetischen Getraenkes sowie ein insbesondere nach diesem Verfahren hergestelltes Getraenk. German Federal Republic Patent Application Nr. DE 30 46 773 A1.

KANNE, W. (1985): [Process to produce a dietetic drink and the drink made, in particular, by this process.] Verfahren zur Herstellung eines diaetaetischen Getraenkes sowie ein insbesondere nach diesem Verfahren hergestelltes Getraenk. European Patent Nr. EP 0 054 122 B1.

- KANNE, W. (1989): [Process for preparation of a fermented product containing living lactic acid bacteria.] Verfahren zur Herstellung eines lebensfähige Milchsäurebakterien enthaltenden Gaerproduktes. German Federal Republic Patent Application Nr. 38 02 840 A1, DE.
- KANNE, W. (2001): [Liquids containing lactic acid, lactic acid bacteria and yeasts, and process for their manufacture.]. German Federal Republic Patent Application Nr.
- KARDOS, E. (1975): [Production and preservation of vegetable juices.] Herstellung von Haltbarmachung von Gemüsesäften. *Flüssiges Obst* 42, 488-497.
- KELLOGG, J. H. (1934): Method of making acidophilus milk. Nr. U. S. Patent 1,982,9941 Dec. 4.
- LASEKAN, O. O.; LASEKAN, W. O. (2000): Volatile flavor compounds in 'kunun zaki' - a Nigerian millet-based beverage. *Journal of Food Quality* 23, 185-193.
- LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. (1999): *Sensory Evaluation of Food - Principles and Practices*. Aspen, Gaithersburg.
- LEE, C.-H. (1997): Lactic acid fermented foods and their benefits in Asia. *Food Control* 8, 259-269.
- LEWIS, M. J. (1987): *Physical Properties of Foods and Food Processing Systems*. Ellis Harwood Ltd., Chichester.
- LONCAR, E. S.; PETROVIC, S. E.; MALBASA, R. V.; VERAC, R. M. (2000): Biosynthesis of glucuronic acid by means of tea fungus. *Nahrung* 44, 138-139.
- LÜCK, E. (1969): Kwaß. *Gordian* 69, 166-168.
- MARTENSSON, O.; OSTE, R.; HOLST, O. (2000): Lactic acid bacteria in an oat-based non-dairy milk substitute: fermentation characteristics and exopolysaccharide formation. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 33, 525-530.
- MATISSEK, R.; SCHNEPEL, F.-M.; STEINER, G. (1992): *Lebensmittelanalytik*. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg.
- MAYER, K.; PAUSE, G.; KUENSCH, U.; TEMPERLI, A. (1973): [Analytical study of sauerkraut juice.] *Analytische Untersuchungen an Sauerkrautsaft. Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene* 64, 519-523.
- MITAL, B. K.; STEINKRAUS, K. H. (1975): Utilization of oligosaccharides by lactic acid bacteria during fermentation of soy milk. *Journal of Food Science* 40, 114-118.

- MOHR, E.; SCHAEFER, K. (1987): [Lactic acid beverages from bread - diet foods?] 'Milchsaure Getraenke aus Brot' - ein diaetetisches Lebensmittel? *Gordian* 87, 141-143.
- MORCOS, S. R.; HEGAZI, S. M.; EL DAMHOUGY, S. (1975): The protein nutritive value of bouza and its ingredients. *Zeitschrift fuer Ernaehrungswissenschaft* 14, 34-40.
- MORCOS, S. R.; HEGAZI, S. M.; EL DAMHOUGY, S. T. (1973): Fermented foods of common use in Egypt. II. The chemical composition of bouza and its ingredients. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 24, 1157-1161.
- NOUT, M. J. R. (1980): Process Development and Preservation of Busaa, a Kenyan Traditional Opaque Maize Beer. *Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm.* 6, 175-182.
- ODUNFA, S. A. (1985): African Fermented Foods. In: *Microbiology of Fermented Foods* (B. J. B. WOOD, Hrsg.). Elsevier Applied Science Publishers Ltd, London - New York, 155-191.
- OYEWOLE, O. B. (1997): Lactic fermented foods in Africa and their benefits. *Food Control* 8, 289-297.
- PAVLOVIC, M. (2002): Persönliche Mitteilung.
- PINTHONG, R.; MACRAE, R.; DICK, J. (1980a): The development of a soya-based yoghurt. III. Analysis of oligosaccharides. *Journal of Food Technology* 15, 661-667.
- PINTHONG, R.; MACRAE, R.; ROTHWELL, J. (1980b): The development of a soya-based yoghurt. I. Acid production by lactic acid bacteria. *Journal of Food Technology* 15, 647-652.
- RAO, D. R.; PULUSANI, S. R.; CHAWAN, C. B. (1988): Preparation of a yogurt-like product from cowpeas and mung beans. *International Journal of Food Science & Technology* 23, 195-198.
- REGITZ, M.; FALBE, J. (1999): *Römpp Lexikon Chemie* (CD-Version 2.0). <www.thieme.de>.
- REISS, J. (1987): [The 'tea fungus' and its metabolic products.] *Der Teepilz und seine Stoffwechselprodukte*. *Deutsche Lebensmittel Rundschau* 83, 286-290.
- RIEMELT, I.; BARTEL, B.; MALCZAN, M. (1996): *Milchwirtschaftliche Mikrobiologie*. Behr's Verlag, Hamburg.
- SALMEN, A.; BUCKENHÜSKES, H.; BRÜCKNER, H. (1991): Sojajoghurt aus proteinreichen Sojapräparaten. *ZFL* 42, 174-177.

- SAMONA, A. (1993): Soya Milk. In: *Encyclopaedia of food science, food technology and nutrition* (R. MACRAE; R. K. ROBINSON; M. SADLER, Hrsg.). Academic Press, London - San Diego, S. 4239-4242.
- SANNI, A. I. (1993): The need for process optimization of African fermented foods and beverages. *International Journal of Food Microbiology* 18, 85-95.
- SAUNDERS, R. M.; BECKER, R. (1984): *Amaranthus*: A potential food and feed source. *Advances in Cereal Science and Technology* 6, 357-396.
- SCHAFFNER, D. W.; BEUCHAT, L. R. (1986): Fermentation of aqueous plant seed extracts by lactic acid bacteria. *Applied and Environmental Microbiology* 51, 1072-1076.
- SCHORMÜLLER, J. (1965a): *Handbuch der Lebensmittelchemie, Band 2*. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- SCHORMÜLLER, J. (1965b): *Handbuch der Lebensmittelchemie, Band 3*. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- SCHWEIGART, F.; FELLINGHAM, S. A. (1963): A study of fermentation in the production of Mahewu, an indigenous sour maize beverage of Southern Africa. *Milchwissenschaft* 15, 241-246.
- SHIRAI, K.; PEDRAZA, G.; GUTIERREZ DURAN, M.; MARSHALL, V. M. E.; REVAH MOISEEV, S.; GARCIA GARIBAY, M. (1992): Production of a yogurt-like product from plant foodstuffs and whey. Substrate preparation and fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 59, 199-204.
- STEINKRAUS, K. H. (1983): *Handbook of Indigenous Fermented Foods*. Marcel Dekker, New York - Basel.
- VAN DER MERWE, A. L. R.; SCHWEIGART, F.; CACHIA, V. A. (1964): Mahewu - its industrial production and its value as a nutrient. *Vitalstoffe - Zivilisationskrankheiten* IX 5 (43), 236 ff.
- WEISS, C. (1999): *Basiswissen medizinische Statistik*. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- YAZICIOGLU, T.; TOPAL, S. (1985): [Microflora of Turkish boozah millet beer.] Zur Mikroflora von tuerkischem Busa (Hirsebier). *Monatsschrift fuer Brauwissenschaft* 38, 410-416.

ZEILER, M. (2001): Herstellung und Charakterisierung von Getränke aus Körner-Amaranth. Diplomarbeit am Institut für Lebensmitteltechnologie, Universität für Bodenkultur, Wien.